磁盘机原理与维修

李世荣 金晓玲 俞小军 编著
钱基广 审

電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

磁盘机原理与维修

李世荣　金晓玲　俞小军　编著
钱基广　审

Retro Workshop
果粉工作室

電子工業出版社

内容简介

本书共分三篇，内容包括硬盘机(硬盘驱动器)、软盘机(软盘驱动器)及它们的相关基础知识。第一篇，概述，包括磁记录基本知识及磁盘机关键零部件共两章；第二篇，软盘机，包括软盘机原理、常用软盘机介绍及软盘机的使用和维修共三章；第三篇，硬盘机，包括硬盘机原理、硬盘机接口、HH1050 硬盘机、硬盘机的使用与维修及硬盘机维修实例共五章。

本书是计算机维修培训班磁盘机教学的好教材，也可供有关专业的科研人员及大专院校师生参考。

磁盘机原理与维修

李世荣　金晓玲　俞小军　编著

钱基广　审

责任编辑：张赞宏(特约)　应月燕

*

电子工业出版社出版

北京市海淀区万寿路 173 信箱(100036)

电子工业出版社发行　各地新华书店经销

电子工业出版社计算机排版室排版

北京大中印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16　印张：10　字数：256 千字

1996 年 6 月第一版　1996 年 6 月北京第一次印刷

印数：6000 册　　定价：15.00 元

ISBN 7-5053-3528-6/TP · 1424

编者的话

随着微型电子计算机不断的发展，计算机应用也遍及国民经济各个领域，在各个领域中的用户迫切要求了解微机，特别是微机的关键外部设备——磁盘机。为了帮助用户对磁盘机有一个深入系统的了解，我们编写了本书。

《磁盘机原理与维修》包括硬盘机（硬盘驱动器）、软盘机（软盘驱动器）及它们的相关基础知识；从内容上力求理论联系实际，简明、扼要、系统地阐述了磁盘机（硬盘机、软盘机）原理，维修方法，维修实例。因而，本书较为适合磁盘机教学，维修人员使用，也是维修培训班磁盘机教学的好教材；也可供磁盘机研究人员参考。

本书共分三篇，第一篇，概述；第二篇，软盘机；第三篇，硬盘机。其中：第一篇，第二篇第三章第一节、第二节，第三篇第一章，第三章，第四章由中磁公司高级工程师李世荣编写；第二篇第一章、第二章，第三章第三节由中磁公司工程师金晓玲编写；第三篇第一章第二节六、七小节及第二章由中磁公司工程师俞小军编写。

全书由中磁公司总工程师钱基广审阅。

中磁公司韦志勇，宋付林等同志提供了部分实例。

参加编写工作的还有吴厚响、吕音、黄旭晨。对以上同志的帮助一并致谢。

由于技术发展日新月异，计算机等高科技领域更是突飞猛进，加之编者的水平和条件限制，书中错误在所难免，敬请广大读者批评指正。

李世荣

一九九五年

Retro Workshop
果粉工作室

目　录

第一篇　概　述

第一章　磁记录基本知识 …… (3)
第一节　磁记录方式 …… (3)
一、不归零制 …… (3)
二、FM 制(调频制) …… (3)
三、MFM 制(改进调频制) …… (4)
四、M^2FM 制(改进改进调频制) …… (5)
五、成组编码记录方式 GCR(GROUP-CODED RECORDING) …… (6)
六、2.7RLL 制编码 …… (7)
第二节　磁记录的基本参数 …… (7)
一、存储密度 …… (7)
二、存储容量 …… (8)
三、平均存取时间 …… (8)
四、数据传输率 …… (8)
五、检读时间余量 …… (8)
六、分辨率 …… (8)
七、误码率 …… (9)
第二章　磁盘机关键零部件 …… (10)
第一节　主轴电机 …… (10)
第二节　磁头驱动电机 …… (11)
一、步进电机 …… (11)
二、音圈电机 …… (12)
三、直流力矩电机 …… (13)
第三节　磁头 …… (13)
一、磁头的组成 …… (13)
二、磁头的分类 …… (14)
三、磁头安装及传动机构 …… (14)
第四节　盘片 …… (15)
一、软盘片 …… (15)
二、硬盘片 …… (19)
第五节　专用芯片 …… (20)

第二篇　软　盘　机

第一章　软盘机原理 …… (25)

第一节　概述 …… (25)
第二节　软盘机分类和软盘机接口 …… (26)
一、软盘机分类 …… (26)
二、软盘机接口 …… (27)
第三节　软盘机结构 …… (30)
一、底座、上仓、下仓部件 …… (31)
二、缓冲器 …… (31)
三、磁头定位机构 …… (31)
四、磁头加载机构 …… (32)
五、盘片驱动机构 …… (33)
第四节　软盘机电路原理 …… (34)
一、盘选择电路与选头电路 …… (34)
二、写入电路 …… (35)
三、读出电路 …… (37)
四、磁头定位控制电路 …… (39)
五、主轴电机伺服电路 …… (40)
六、状态检测电路 …… (41)
第二章　常用软盘机介绍 …… (45)
第一节　FD-55 型软盘机介绍 …… (46)
第二节　MD-21 型 3.5 英寸软盘机介绍 …… (49)
第三章　软盘机的使用和维修 …… (54)
第一节　使用维护的基本知识 …… (54)
一、环境 …… (54)
二、注意事项 …… (54)
第二节　软盘机的维修方法 …… (54)
一、加电自检法 …… (54)
二、DOS 外部命令法 …… (55)
三、程序诊断法 …… (55)
四、自编软件法 …… (55)
五、专用仪器法 …… (57)
第三节　5.25 英寸软盘机维修举例 …… (57)
一、稳速电路故障 …… (57)
二、磁头小车定位故障 …… (58)
三、读/写电路故障 …… (58)
四、互换性调整 …… (59)
第四节　3.5 英寸软盘机的维修及故障举例 …… (61)
一、读/写电路故障 …… (61)
二、磁头定位故障 …… (62)
三、互换性不好 …… (63)

第三篇　硬　盘　机

第一章　硬盘机原理 …… (67)

第一节　硬盘机的组成和分类 …… (67)
一、硬盘机组成 …… (67)
二、硬盘机分类 …… (68)
第二节　磁头定位系统 …… (69)
一、磁头定位原理 …… (69)
二、开环定位系统 …… (69)
三、闭环定位系统 …… (70)
四、半闭环定位系统 …… (71)
五、面伺服定位系统 …… (72)
六、嵌入式伺服方式定位系统 …… (77)
七、嵌入式自动温度补偿(ETC) …… (83)
第三节　主轴稳速系统 …… (85)
第四节　硬盘机读/写系统 …… (86)
一、写入电路 …… (86)
二、读出电路 …… (87)
第二章　硬盘机接口 …… (89)
第一节　概述 …… (89)
第二节　AT 接口 …… (89)
一、接口信号及脚号介绍 …… (89)
二、寄存器说明 …… (91)
第三节　SCSI 接口 …… (95)
一、信号定义及说明 …… (96)
二、SCSI 的阶段(PHASE) …… (98)
三、SCSI 命令执行举例 …… (100)
第四节　ESDI 接口 …… (102)
一、控制输入信号线 …… (104)
二、控制输出信号线 …… (106)
三、数据传输信号线 …… (109)
第五节　ST506 接口 …… (109)
第三章　HH1050 硬盘机 …… (113)
第一节　概述 …… (113)
一、技术参数 …… (113)
二、组成原理框图 …… (113)
第二节　主轴电机稳速系统 …… (114)
第三节　磁头定位伺服系统 …… (115)
一、伺服面及伺服信号 …… (116)
二、伺服信号形成电路 …… (118)
三、音圈电机控制电路 …… (119)
四、磁头锁定电路 …… (120)
第四节　读/写系统 …… (120)
一、组成框图 …… (120)
二、从盘上读出的数据信号波形 …… (122)
第四章　硬盘机的使用与维修 …… (123)
第一节　硬盘机的使用 …… (123)

一、使用环境要求 …… (123)
二、使用注意事项 …… (123)
三、怎样使用硬盘机 …… (123)
第二节 硬盘机的维修方法 …… (124)
一、加电自检法 …… (124)
二、DOS 命令,BIOS 诊断法 …… (125)
三、程序诊断法 …… (126)
四、自编软件法 …… (127)
五、专用仪器法 …… (127)
第五章 硬盘机维修举例 …… (129)
1. HH1050 加电后主轴电机不转 …… (129)
2. HH1050 电机到速后盘停转 …… (129)
3. HH1050 硬盘机不能做 FDISK,联不上主机 …… (130)
4. ST-225, 20MB 硬盘机加电后不走步 …… (130)
5. HH725 硬盘机开机几分钟后停转 …… (132)
6. M3650 硬盘机可做低级格式化,但不能做 FDISK、FORMAT C:/S 格式化 …… (133)
7. CP30104H 3.5 英寸 120MB 硬盘机不能装入 DOS 操作系统 …… (134)
8. 开机后,CRT 屏幕上显示"INVALID DRIVE SPECIFICATION" …… (134)
9. 硬盘机 C 在引导 DOS 操作系统后工作不正常 …… (135)
10. 在一台 IBM-PC/XT 微机系统中,用 FORMAT 对 ST-412 硬盘机进行格式化时,CRT 上显示 00 磁道坏,格式化失败信息 …… (135)
11. ST-225 硬盘机加电后发出"哒哒哒"声 …… (136)
12. HH-1050 硬盘机停转 …… (137)
13. HH-1050 硬盘机在联机时出现读错(FDISK 分区错) …… (138)
14. GW0520A CRT 上显示 1701 错 …… (139)
15. CM-6426 硬盘机屏幕上显示"1790-DISK 0 ERROR"故障 …… (139)
16. ST-251、40MB 硬盘机加电后发现硬盘主轴转得很慢,并且伴随"吱吱"声 …… (140)
17. ST-251、40MB 硬盘机加电后,发现盘内发出"嚓嚓声"或转不动 …… (140)
18. ST-251,第 2 头格式化时连续提示出错 …… (140)
19. ST-251 初始化工作正常,分区式 DM 分区提示出错 …… (140)
附录 A MD-21 型软盘机电原理图 …… (141)
附录 B FD-55 型软盘机电路图 …… (143)
附录 C HH1050 硬盘机 SERVO ACCESS CONTROL 电原理图 …… (144)
附录 D HH1050 硬盘机 INTERFACE CONTROL 电原理图 …… (146)

第一篇　概　　述

第一章　磁记录基本知识

Retro Workshop 果粉工作室

第一节　磁记录方式

为了提高磁盘机的存储密度，有效地利用磁盘机的物理空间，在磁盘机的生产中特别重视和研究数据编码技术。将原始的、要记录的数据序列变换成满足一定条件的记录序列方法叫做磁记录方式。在磁盘机中采用的记录方式有：不归零制、调频制 FM、改进调频制 MFM、改进改进调频制 M^2FM、成组编码 GCR、2.7RLL 制编码等。下面分别介绍这几种编码的特点和方法。

一、不归零制

有两种不归零制编码。一种是见信息 1 和信息 0 都翻，即见信息 1 时，磁层正向翻转；见信息 0 时，磁层反向翻转(见图 1-1-1)。另一种只见信息 1 翻，即见信息 1 时，磁层翻转；见信息 0 时不翻转，保持原来状态(见图 1-1-2)。这种记录方式是没有自同步能力。所谓自同步能力，是指从单个磁道读出脉冲序列中提取同步时钟脉冲的难易程度，时钟脉冲的间隔是判读信息 1 或信息 0 的时间量，称为数据窗口。

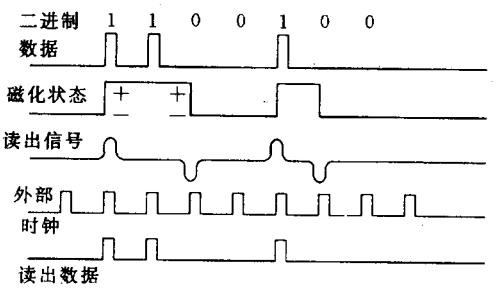


图 1-1-1　见信息 1、0 都翻的不归零制

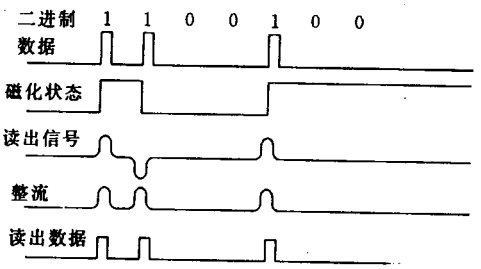


图 1-1-2　见信息 1 翻不归零制

图 1-1-2 中是见信息 1 就翻不归零制，在读出时，数据 1 有读出脉冲信号，数据 0 无读出脉冲信号。当连续读 1 时，脉冲信号的极性是正负交替的。因此应将负脉冲倒相为正脉冲，使所有的读 1 信号均为正脉冲信号。在记录一串 0 后读出时，需用外部时钟信号测量没有脉冲的时间间隔内包含多少个 0。可能因磁盘转速变化，外部时钟频率的变化使测量带来错误，因而仍无自同步的能力。

二、FM 制(调频制)

FM 制特点：

(1)在每一个位单元的开始处写上时钟位。

(2)数据位在位单元的中央。

下面以数据 11010001 为例说明各种记录方式。

图 1-1-3 所示是 FM 制的一个位单元，它由时钟和数据位单位构成。图 1-1-4 所示是数据和时钟的关系，图 1-1-5 示出 FM 调频制记录方式波形。FM 制具有以下四个优点：

(1)读出数据中有自同步脉冲，这就叫有自同步能力。

(2)由于磁化翻转间隔的最大 2T 与最小 T 之比小，所以整个写入和读出系统需要的频带较窄。

(3)因为表面的磁化状态总是由写头的电流来达到饱和，所以写入前不需要预先抹去以前的信息。

(4)所有的数据转换成磁化状态(脉冲信号)是均匀分布的，因此峰值偏移较小。

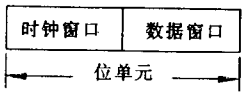


图 1-1-3 MF 制数据窗口

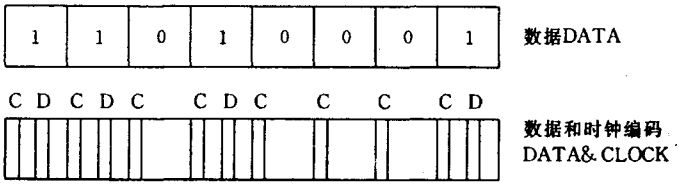


图 1-1-4 数据和时钟关系图

注：C(CLOCK)——时钟，D(DATA)——数据

FM 调频制缺点：

(1)磁通翻转频率较高，影响了存储密度。

(2)需要复杂的读/写电路。

(3)在进行高位密度读出时，信号幅度有较大变化。

(4)FM 制的编码效率，因为对应一位数据位，至少要有一次翻转，或者说，每一个位单元里必定有一位非数据位的时钟位，故 FM 制的编码效率为 50%。

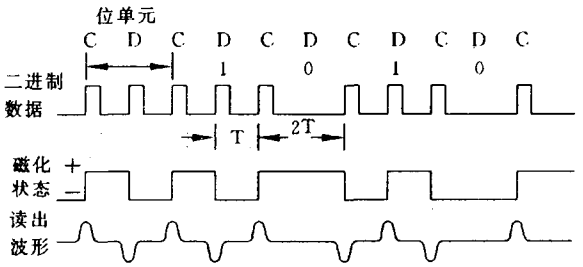


图 1-1-5 FM 调频制记录方式波形

三、MFM 制(改进调频制)

MFM 制特点有：

(1)只有在前一个位单元及目前一个位单元中都是零时，才写入时钟；

(2)数据位在位单元的中央；

(3)如果目前位单元为零，并且前一个位单元也是零时，则时钟被写在位单元的开头。

在图 1-1-6 中，用编码 110100 为例说明其特点。

MFM 改进调频制有下列优缺点：

(1)仅当连续出现两个 0 时，才在第二个零的位单元的前沿插入时钟，因而减少了磁道翻转次数，提高了记录密度；

(2)FM 制只有 T、2T 两种频率，称为倍频制，而 MFM 有 T、1.5T、2T 三种频率，称为三频制；

这样不是每个位单元都有时钟，故读写电路较复杂；

(3)对于给定的二进制数所需要的磁化翻转少，所以记录频率较低，其信噪比、幅值分辨力都得到了改善和提高；

(4)由于有自同步能力，因此读出信息中不必有单独的时钟通道；

(5)由于编码不匀称峰值偏移将增加，与 FM 制相比，信道要求较宽，因此需在控制器或磁盘机中增加预补偿线路，以补偿峰值偏移；

(6)MFM 制的编码效率为 100%。

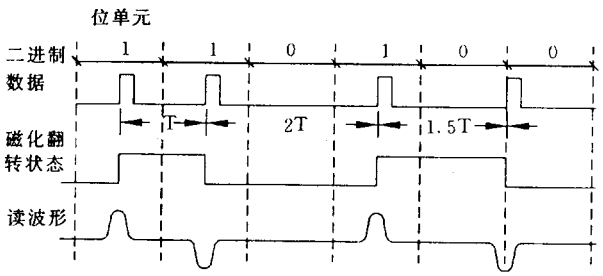


图 1-1-6　MFM 编码波形

四、M^2FM 制(改进改进调频制)

M^2FM 制同 MFM 制类似，不同的是在连续两个位单元数据并且前一个位单元无时钟时才加入一个时钟。连续三个数据位单元之间无数据时，MFM 必须加入两个时钟，而 M^2FM 只加入一个时钟。

(1)前一个位单元没有数据位或是时钟位时写入一个时钟。

(2)目前位单元无数据位，写入时钟。图 1-1-7 和图 1-1-8 是 M^2FM 制，数码 11010001 编码举例和编码波形。

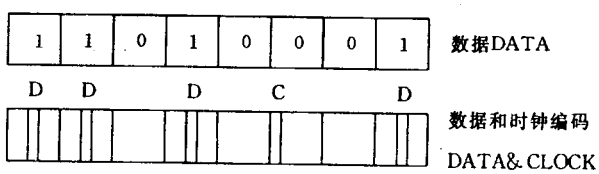


图 1-1-7　M^2FM 编码举例

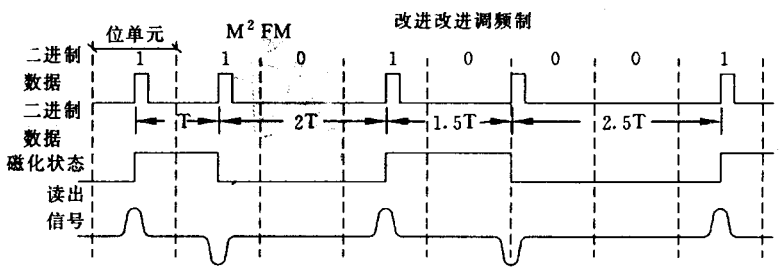


图 1-1-8　M^2FM 编码波形

优点：

(1)表示一个给定二进数磁通翻转次数比 FM 和 MFM 均减少，因而可以提高记录密度；

(2)因为磁介质上时钟脉冲比 MFM 时钟间隔长，时钟脉冲的峰值偏移比 MFM 制小；

(3)由于磁通翻转次数减少，因而降低了记录频率，提高了信噪比和读出分辨率。

缺点：

(1)因为不是每个单元都有时钟脉冲，因而读/写电路复杂；

(2)由于编码的不匀称性，峰值偏移增加。与 FM 相比通频带较宽。因此，在控制器或磁盘机电路中需增加预补偿电路以减少峰值漂移。

五、成组编码记录方式 GCR(GROUP-CODED RECORDING)

图 1-1-9 为成组编码举例，成组编码列于表 1-1-1。

表 1-1-1 成组编码表

十六进制	4BIT	GCR(5BIT)
0	0000	11001
1	0001	11011
2	0010	10010
3	0011	10011
4	0100	11101
5	0101	10101
6	0110	10110
7	0111	10111
8	1000	11010
9	1001	01001
A	1010	01010
B	1011	01011
C	1100	11110
D	1101	01101
E	1110	01110
F	1111	01111

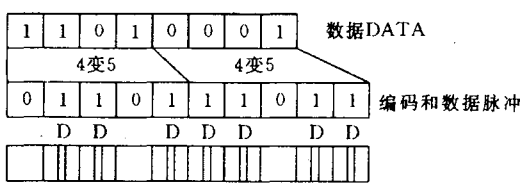


图 1-1-9 成组编码举例

表 1-1-2　2.7 RLL 编码规则

二进制	2.7 RLL 码
11	1000
10	0100
000	100100
001	001000
010	000100
0110	00100100
0111	00001000

六、2.7RLL 制编码

2.7RLL 码规定，在记录序列中，两个 1 之间至少有二个 0，最多七个 0。其编码规则列于表 1-1-2。例如一个十六进制 7B，它的二进制码为 01111011。按表 1-1-2 规则，对应的 2.7RLL 码为 0000100001001000。

RLL 制优点为：

RLL 编码限制了两次翻转之间最小和最大距离，因而提高了每英寸允许翻转次数。以 2.7RLL 为例，在同样的磁通翻转密度情况下，比 MFM 制容量提高 50%。

在磁盘机中 RLL、MFM 两种编码，广泛被采用，因为两种记录方式都有较好的自同步能力。在同样的磁通翻转下 2.7RLL 码比 MFM 制可提高记录容量 50%，2.7RLL 码是 MFM 制数据传输率的 1.5 倍。

第二节　磁记录的基本参数

一、存储密度

1.道密度

道密度为磁盘径向单位长度的磁道数，计算式为

$$D_t = 1/(W + G) \tag{1-1-1}$$

式中　D_t——道密度(道/毫米或道/英寸，记为 TPM 或 TPI)；

W——磁头铁芯厚度(毫米或英寸)；

G——道间距(毫米或英寸)。

2.位密度

位密度为单位长度上所记录的二进制数码的位数，计算式为

$$D_b = FT/(D_{min}\pi) \tag{1-1-2}$$

式中　D_b——位密度(位/毫米或位/英寸，记为 BPM 或 BPI)；

F——数码脉冲频率(Hz)；

T——磁盘每转所需时间(s)；

D_{min}——最内圈磁道直径(毫米或英寸)。

二、存储容量

能存储的数码总数称为存储容量，以位数或字节数计，计算式为

$$C_D = F(T - \Delta T)MN \tag{1-1-3}$$

式中 C_D——能存储的数码总数(位或字节)；

F——数码脉冲频率(位/秒)；

T——磁盘每转所需时间(秒)；

ΔT——磁头通过空白区花费的时间(秒)；

M——记录盘面数；

N——每面磁道数。

式(1-1-3)是假定脉冲频率在整个磁盘的各个磁道上都相同的情况下得到的，空白区时间通常取 t 的 4%～8%。这样式(1-1-3)可写为

$$C_D = 0.94FTMN \tag{1-1-4}$$

三、平均存取时间

磁头从起始位置到达所要求的某一位置，并完成写入或者读出所需要的全部时间为

$$T_a = [(T_s + T_w)_{min} + (T_s + T_w)_{max}]/2 \tag{1-1-5}$$

式中 T_a——平均存取时间(ms)；

T_s——磁头定位时间(ms)；

T_w——磁头读或写等待时间(ms)。

四、数据传输率

单位时间内磁盘机向主机内存传送数码的位数或字节数称为数据传输率。

磁盘机数据传输率：$D_b \cdot V$(位/秒或字节/秒)

数据传输率正比于位密度 D_b 与盘面内圈线速度 V，通常以兆位/秒或兆字节/ 秒表示。记为：Mb/s 或 MB/s。

五、检读时间余量

如用峰值检测，可用检读窗口宽度 T_W 表征检读分辨力。时钟间隔是判断 0 或 1 的时间基准，称为检读窗口宽度，它的值取决于用何种编码方式。其计算式为

$$T_w = (m/n)T_o \tag{1-1-6}$$

式中 m——编码前数据序列位数；

n——为编码后的位数；

T_o——记录序列周期。

以检读窗口宽度 T_W 与最大峰值偏移量之差定义为检读时间余量。

六、分辨率

以 FM 制记录为例，全 0 信号频率 1F，全 1 信号频率 2F，其分辨率为

分辨率 = 2F 幅度/(1F 幅度 × 100%)

即 分辨率 = 读 1 幅度/(读 0 幅度 × 100%)

由于脉冲拥挤效应,即读 1 幅度要低于读 0 幅度。

七、误码率

误码率为磁盘机与主机连续传输数据中出现错误位的比率,分硬出错率和软出错率。
软出错率(重读可以克服的)为 10^{-9}(5.25 英寸软盘)。
硬出错率为 10^{-12}(以双面 500KB 5.25 英寸软盘为例)。

第二章　磁盘机关键零部件

第一节　主 轴 电 机

磁盘机大多采用无刷直流电机，现以双相四极电机为例说明其工作原理。

无刷直流电机内部装有霍尔测速器。当电机旋转时，磁场方向不断变化，利用它们可以输出反映电机瞬时转速的反馈信号。

无刷直流电机由三个部分组成，电机本体，转子位置传感器和电子转换开关。图 1-2-1 为结构示意图。

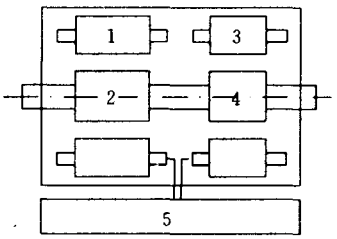


图 1-2-1　无刷直流电机结构示意图

1.主定子　2.主转子　3.传感器定子

4.传感器转子　5.电子换向开关

电机本体包括主定子和转子两部分，主转子相当于磁极。电枢绕组放在定子铁芯槽内，并形成多相形式。为了使电子换向开关电路依次对电枢绕组通电，并保持电流与磁场极性的相应关系不变，必须要有敏感转子位置的传感器。传感器的转子与主轴同轴，传感器的定子通常装在电机的定子上。

无刷直流电机的位置传感器常用霍尔磁敏式位置传感器。霍尔元件是一种砷化镓或锑化铟半导体，做成很薄的薄片。基本工作原理是：在图 1-2-2 中，使磁力线垂直于薄片表面，两侧通以控制电流 I_c 时，则在另外两侧会产生一定的感应电势 V_H：

$$V_H = R_H \cdot I_H \cdot B/(I_c \cdot 10^{-8})$$

式中　R_H——霍尔系数；

I_H——霍尔电流；

B——磁场强度，与流过的电流成正比。

直流电机中通常使用铜换向器，用来在半周期内自动转换流入转子线圈中的电流方向，在碳刷上通常有电火花产生。对于弱信号电路，火花会产生较严重的电干扰；为了消除这种干扰，采用了霍尔器件代替电刷，作为换向开关电路，用于无刷直流电机。

无刷直流电机工作原理如图 1-2-3 所示。一块磁铁 M 装在转子上，它的磁极被围着的四个线圈(L1、L2、L3 和 L4)所吸引或推开。转子磁场作用在霍尔器件 A 或 B 上，它们产生的霍尔电压驱动四个晶体管(T1、T2、T3 和 T4)，这四个晶体管相当于一个换向开关，它们的通断决定线圈中的电流流动。当转子处于 N 极，靠近霍尔器件 A 时，这个霍尔器件产生最大的霍尔电压，极性为右正左负，使晶体管 T3 导通。此时通过线圈 L3 到达晶体管 T3 的电流产生的磁场吸引 N 极排斥 S 极，使转子的转速增加。当 N 极转过 90°，它将靠近霍尔器件 B，B 的霍尔输出电压上负下正，使晶体管 T4 导通。和 T4 相联的线圈 L4 产生的磁场吸引 N 极排斥 S 极，和前面一样转子转速增加。转子再转 90°，共转了 180°。使 S 极靠近霍尔器件 A，产生与 N 靠近 A 时相反的霍尔电压，即左正右负，于是 T1 在其作用下导通。和 T1 相联的线圈 L1 产生的磁

场吸引 N 极，排斥 S 极，转子再转 90°，共转了 270°。同样当 S 极靠近霍尔器件 B 时，也产生 N 靠近 B 时相反的霍尔电压，即下负上正，使 T2 导通，与 T2 相连的线圈 L2 产生的磁场吸引 N 极排斥 S 极，转子同样转 90°，共转了 360°，即一圈。由于霍尔器件的作用使得晶体管 T1、T2、T3 和 T4 轮流导通，与之相联的线圈产生了一个相应的磁场，称为旋转磁场，从而使转子不停地转动。

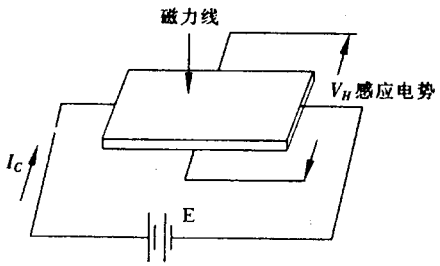


图 1-2-2　霍尔开关原理示意图

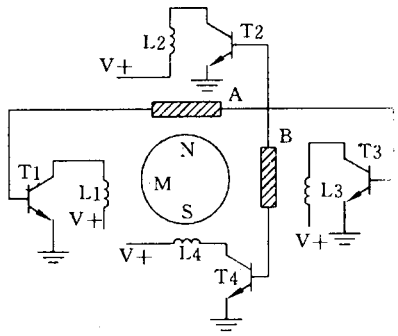


图 1-2-3　无刷直流电机工作原理图

第二节　磁头驱动电机

一、步进电机

步进电机是一种把脉冲信号转换为角位移的磁头驱动电机。如图 1-2-4 所示，这种电机定子上嵌有多相控制绕组，转子为有齿的铁芯或永久磁铁，具有多极结构。当控制绕组通以脉冲电流时，转子将转动一个角度，即步进一步。图 1-2-5 是一个三相步进电机的示意图。当 A、B、C 各相绕组轮流通电时产生步进运动。

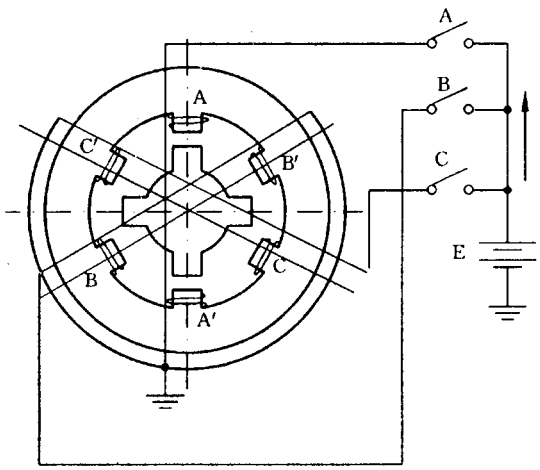


图 1-2-4　步进电机控制原理图

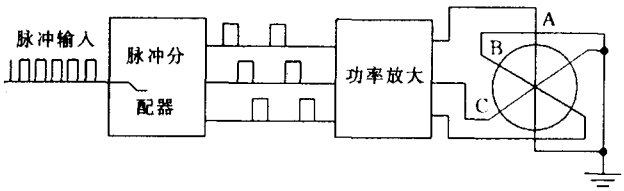


图 1-2-5　三相步进电机示意图

为达到 A、B、C 各相绕组轮流通电的目的，采用脉冲分配电路（见图 1-2-5）将串行的脉冲序列转换成相位按一定规律化的多路控制脉冲（与电机的相数相同），经功率放大后驱动步进电机定子的三对磁极（由软磁材料作成），每对磁极上有一对绕组（转子上没有绕组）。三相绕组接成星形联结，转子铁芯及定子铁芯上有均匀小齿，两者齿距离相等，定、转子之间有很小的气隙。当 A 相绕组通以电流时（其他两相不通电），并且定、转子间的气隙磁场与 A 相绕组轴线不重合时，转子受磁场拉力作用便产生转矩。当转子转到与 A 相绕组轴线一致的位置时，转子只受径向力而不受切向力作用，使转矩为零，停止转动。或者说 A 相通电的情况下，转子的位置总是力求使 A 相磁路的磁导为最大。如果 B 相通电，转子就会转到其轴线与 B 相绕组轴线一致的位置，转子就在空间转了 60°，也就是步进了一步。按 A、B、C、A 顺序通电，转子就会以顺时针方向一步步旋转；按 A、C、B、A 顺序通电，转子以逆时针方向一步步旋转。以一相通电换为另一相通电，叫做一拍，每一拍转子旋转一个步距角。三相依次通电运动的方式叫做三相单三拍运行。按 AB、BC、CA、AB 顺序通电的运行方式叫做三相双三拍的运行。

二、音圈电机

音圈电机按结构特点分为长音圈电机和短音圈电机。按运动方式分为直线式音圈电机和旋转式音圈电机。不管那类音圈电机，工作原理都是相同的。当音圈电机中通以一定的控制电流时，通电的线圈在磁场中将会受到磁力的作用而运动（即通电螺线管在磁场中运动的原理）。其运动速度和方向由控制电流的大小和方向来决定。图 1-2-6 是音圈电机的作用原理示意图。

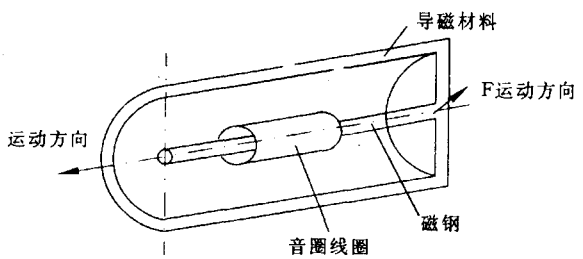


图 1-2-6　音圈电机示图

从图中可知，音圈电机由五大部分组成：

永久磁体磁钢：0.4～0.7T（4000～7000Gs（高斯））永久磁体材料，如铝、镍、钴、钡、锶铁氧体。

音圈线圈。

芯柱。

后极:较好导磁的软磁材料制成,电工钢。

外极:同后极的材料。

当音圈中通以电流 I 时,它在永久磁体作用下产生如图 1-2-6 所示的轴向力 F,F 的量值与电流 I、气隙中磁通密度和气隙磁通相交链的音圈导线的长度 L 成正比,其关系式为

即 $F = BLI$

式中 F——音圈轴向力(N);

B——气隙中磁通密度(Wb/m^2);

I——音圈中的电流(A);

L——音圈长度(m)。

三、直流力矩电机

直流力矩电机是一种长期工作在旋转状态下的低转速、大力矩直流电机。它具有反应速度快,转矩和转速波动小,在很低的转速下运行稳定和调速特性线性度好等优点。被广泛用于位置伺服或速度伺服中的执行电机。

它的原理与普通直流伺服电机相同。结构上作成扁平状,以适应小型硬盘机定位系统的要求。因此不在此详述,请见普通电机原理。

第三节 磁 头

磁头是磁盘机关键部件之一,它是决定记录密度的重要因素。根据不同类型的磁盘机要求和工作特点,对磁头结构和要求也有所不同。

一、磁头的组成

1.磁头块

磁头块的材料一般由陶瓷材料制成,可将磁头读/写线圈装在上面,硬盘头具有浮动性能的要求,因而对于其几何形状尺寸有特殊要求。软盘磁头和盘面是接触式的,虽然没有磁头浮动问题,但要考虑磁头的耐磨性等问题。

2.线圈

磁头中读、写线圈的连接见图 1-2-7。

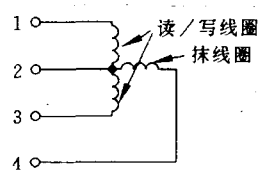


图 1-2-7 磁头读/写线圈电路图

磁头线圈的匝数依其记录密度不同而定。软、硬磁盘机磁头线圈的电气参数如下:

(1)软盘机磁头线圈的电气参数(以 5.25 英寸双面双密度软盘机为例)为:

读/写头电阻	R13 = 16Ω
	R12 = R23 = 8Ω
电感	L13 = 1.75mH
	L12 = L23 = 0.26mH
最小谐振频率	f > 500kHz

抹磁头电阻 2.5Ω,电感 15μH。

(2)硬盘机磁头线圈的电气参数(以 ST225 为例)为:

电阻　　R13 = 4Ω, R12 = R23 = 2Ω

电感　　L13 = 1.75mH, L12 = L23 = 0.26mH

最小谐振频率　　f > 500kHz

抹磁头电阻 2.5Ω,电感 15μH。

二、磁头的分类

硬盘机磁头等按其磁头块结构,可分为整体型磁头(Monolithic Head)、合成型磁头(Composite Head)和薄膜磁头(Film Head)。这三种磁头都包含有浮动块(Slider)、磁芯体(Core Assembly)和磁路缝隙即磁头前间隙(Gap)。

1.整体型磁头

浮动块及磁芯制成一体,是用锰锌铁氧体材料制成,只有磁头缝隙部分灌注有陶瓷玻璃材料,其头块的尺寸为 5.6mm × 3.95mm × 1.95mm。这种磁头的浮动块有三个轨,两个外轨使磁头依赖空气动力而飞行,距盘片距离为 20 微英寸。中间轨包含读/写间隙,决定写在盘片上的磁道宽度。为适应小型硬盘机的需要,开发出微型磁头,其尺寸约为标准磁头的 2/3,并使用不同的安装方式。

2.合成磁头

合成磁头浮动块为陶瓷材料,磁芯为锰锌铁氧体,镶嵌在浮动块内,利用烧结玻璃,将含线圈的磁芯体包封起来,同时形成一定尺寸的读/ 写缝隙,即磁头前间隙。由于这种磁芯结构具有垂直的铁芯壁,可以大大降低磁头的边缘效应,减少磁道之间的相互影响,进一步提高了磁道密度。道宽可达 10.16mm, 磁道密度可达 1200TPI。主要用于中档硬盘机中。目前,已可以制成性能远远高于此指标的合成磁头。

3.薄膜磁头

薄膜磁头的制造方法与集成电路类似,即利用真空沉积的过程形成磁头读/ 写线圈。薄膜磁头的磁芯材料是坡莫合金,在沉积的过程中可做得很薄。读/ 写缝隙用真空溅射的硬铝保护起来。薄膜磁头的两个极片可做得很窄,约为 10 微英寸。使道密度可达 2000TPI 以上,位密度可达 20 000BPI 以上, 目前,已可制成性能比这个参数还要高的薄膜磁头。

三、磁头安装及传动机构

1.分离钢带式传动

此类传动通常在开环式小型低容量硬盘机中采用。这种分离式钢带呈“α”形,一端缠绕在步进电机的绞盘上,另一端连在传动转臂上或磁头小车上。分离钢带式磁头定位装置又分为旋转式和直线式。旋转式定位机构,磁头机构沿着弧形路线旋转,而达到磁头精确定位。这种方式最大优点是耐振性好。缺点是在不同区域磁头的读写缝隙盘片的切线方向有夹角,使磁化方向相对磁道稍有歪斜。

直线式由步进电机的旋转运动转换成使磁头支架的直线运动。磁化方向总与磁道一致,可减小磁道间的互相影响,缺点是耐振性差。

2.齿轮条式传动

步进电机的转轴上装上一个齿轮,经齿条的转换,使步进电机的旋转运动变为磁头安装小车的直线运动。齿条式传动机构的优点是机械结构十分简单,传动精度高;缺点是齿轮磨损影

响盘腔内的洁净度,转动精度也会降低,只在低档硬盘机中采用。

3.梳形磁头支架

磁头支架做成梳形结构,直接固定在音圈电机的活动部分——线圈框架上,使磁头随音圈电机作直线运动。当控制电路经音圈电机绕组输入一定的电流时,音圈电机沿其轴作直线运动,从而带动与其牢固连接的磁头小车沿着导轨作相对直线运动。按磁头运动方式还有旋转式。

第四节 盘 片

一、软盘片

1.软盘片介绍

目前常用软盘片有5.25英寸软盘片和3.5英寸软盘片两种。

就5.25英寸软盘片而言,它是由76mm的聚酯薄膜作基底,再涂上一层厚2~3μm的不定向的金属氧化物($r\text{-}Fe_2O_3$)构成。软盘磁性涂层的主要成分为60%左右的磁性微粉,25%左右的高分子粘合剂(通常是一定比例的聚氨酯和聚烯烃树脂),以及15%的多种添加剂,如分散剂,抗静电剂,抗磨剂,润滑剂等;由于分散剂是有机物中提取的,容易发生霉变。根据这些因素,目前生产出了一种防霉盘片。因为盘片发生霉变后,磁粉容易脱落,脱落的磁粉在盘片使用过程中粘附在磁头上,造成盘片和磁头的擦伤,使盘上的数据丢失,磁头损坏,引起软盘机的读写故障。因此防霉片的问世,无疑是提高了软盘机的读写可靠性,因而值得推广应用。常用的5.25英寸软盘片的结构示意图见图1-2-8。

5.25英寸软盘片始终放在保护套内,保护套的作用主要是防止盘片表面划伤,擦拭盘片表面使其清洁,减少盘片读/写错误,防止由于静电引起的数据丢失。

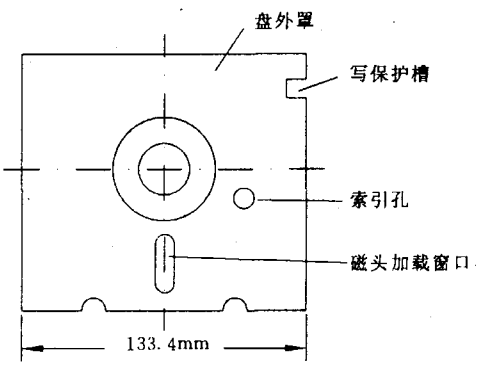


图1-2-8 5.25英寸软盘片外形图

保护套的结构大体分为两层,外层用薄塑料板或纸板制作,内衬层用柔软的防静电的疏松材料(如无纺布或特种纸)制作。保护套有三个孔,一个是长方形孔,供磁头寻道和读/写用;另一个孔是盘片卡孔(中心位置),供盘片装夹定位用;它通过盘片夹紧机构把盘片夹住,在主轴电机的驱动下,盘片可以在保护套内自由转动;第三个孔是索引孔,盘片旋转时,通过索引孔和光电检测电路产生索引信号。在保护套的边缘还有一个写保护缺口,当缺口被封住后,阻止写入,起到不给写入的保护作用。保护套上的两个小半圆缺口是为消除保护套应力而设置的。

图1-2-9为3.5英寸软盘片示意图。3.5英寸软盘封装在硬质塑料壳内,有取数窗口自动金属保护门,以防止指纹、尘埃等损伤介质。当盘片插入软盘机时自动金属保护门自动打开,使磁头可靠地加载到磁介质上。硬质外壳厚3.3mm,大小为90mm×94mm。

盘壳内部表面附着无纺聚酯布,盘片上下由清洁器的弹性无纺布支撑,使盘片转动平稳,防止盘片表面由于灰尘而引起读出错误。3.5英寸软盘片的结构是在总结8英寸软盘片的优

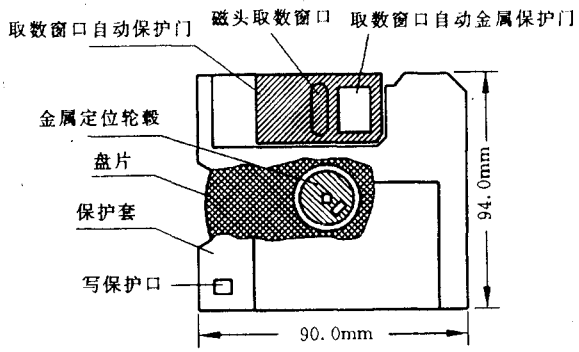


图 1-2-9　3.5 英寸软盘片的结构示意图

缺点基础上做了改进。8 英寸软盘片和 5.25 英寸软盘片是采用中心孔夹持定位在主轴电机托盘轮上。这种盘片夹持定位方式，往往有 5 微米以上的盘片定位误差，长期连续使用将可能产生几十微米的盘片定位误差，并可引起盘片的夹持定位不稳。因此，这种盘片要达到较高的磁道密度是很困难的。为了提高定位精度，3.5 英寸软盘片采用金属定位轮毂。这种定位轮毂上有一个定位中心孔和盘片驱动孔。主轴电机托盘轮上具有相应的主轴，弹性驱动轴和盘片定位磁环。盘片插入软盘机并落到（加载）主轴电机托盘轮上，主轴插入盘片定位中心孔内，盘片定位磁环将盘片金属轮毂吸住。当主轴电机旋转时，弹性驱动轴进入盘片驱动孔，主轴电机驱动力矩和弹性驱动轴的弹性张力，将盘片精确地夹持定位在主轴电机托盘轮上，克服了 8 英寸软盘片和 5.25 英寸软盘片的定位不稳和定位误差的缺点。

3.5 英寸软盘片还装了一个写保护开关，在硬质盘壳上开一个写保护窗口和装一个可滑动挡块，当挡块遮住孔时，打开写保护开关；反之，则实现写保护。这样的装置避免了 8 英寸软盘片和 5.25 英寸软盘片胶贴写保护标签的麻烦。

软盘片按其用途可分为：数据盘片（DATA DISKETE）、CE 盘片（CAT EYE DISKETE）和清洗盘片（CLEAN DISKETE），介绍如下：

2.数据记录盘片

数据盘片主要作为记录数据用，出厂时是空白盘片。数据盘片分为高密盘片（HD），低密盘片（D），现以万胜 Maxell 或 CORAL 盘片为例说明，列于表 1-2-1。

它主要有 5.25 英寸、3.5 英寸两种软盘片，使用参数有存储容量，尺寸规格，磁道密度，生产厂家，用户应按以上要求选购盘片。

表 1-2-1　数据记录盘片

		5.25 英寸		3.5 英寸	
参数 \ Type		MD2D	MD2HD	MF2D	MF2HD
存储容量 Storage Capacity	非格式	500K	1.6MB	1MB	2MB
	格式	360K	1.2MB	720KB	1.44MB
磁道密度 Track Density		48TPI	96TPI	135TPI	135TPI

3.CE 盘片

CE 盘片有两种,一种是工具盘片作为软盘机的维修工具。由生产厂家按照维修要求制作的。另一类是工程师盘片,也叫 CE 盘片。它是一组好软盘机用微机执行诊断程序的盘片。下面主要介绍 5.25 英寸和 3.5 英寸的 CE 工具盘片。

CE 工具盘片(猫眼盘片)是一种磁头定位精度的校准盘片。如果磁头定位有误差,那末记录在盘上的数据和信息就不能互相交换,只能自己使用,这样的信息限制了使用,为了消除这个毛病,必须要进行磁头校准,以保证读/写数据的互换性。

CE 盘片是用专门的写入装置和标准软盘机在环境条件严格控制下制造的。无论是 8 英寸、5.25 英寸、3.5 英寸 CE 盘片,其上有三个定位校准信号。

(1)索引定位信号　CE 盘片在 00 道上记录有 2F 的信息和索引信息,2F 的信息用于调整 00 道的磁头位置,索引信息用于调整校核软盘机索引传感器的。其波形详见表 1-2-2 ~ 表 1-2-4。

(2)猫眼信号　猫眼信号是用来调整磁头径向位置的。其波形信号见图 1-2-10。

对于 5.25 英寸盘片、3.5 英寸盘片磁道位置不一样。校准正确时,A = B。

若 A > B,说明磁道向主轴方向偏差,若 A < B,说明磁道向离开主轴方向偏差。以校准道为基准,则向主轴方向的偏差为正,反之为负。其偏差曲线如图 1-2-11 所示。

(3)方位角信号　方位角信号用来校准磁头方位偏差,其误差以角度计。当方位角大于 18°, 软盘机将失去互换性。

以上三个信号的波形可见表 1-2-2 ~ 表 1-2-4。

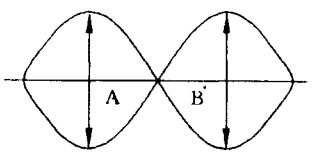


图 1-2-10　猫眼波形信号

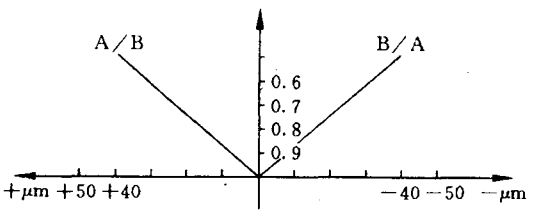


图 1-2-11　猫眼偏差曲线

表 1-2-2　5.25 英寸低密 CE 盘 DK524-2A 信号波形

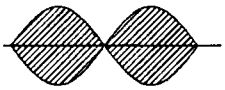
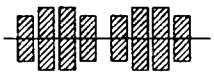
磁道号	信息名称		信号波形特征
	中文名称	英文缩写	
00	2F	2F	125kHz准正弦波
01	索引脉冲	INDEX	与DK506－34H的02道同
16	猫眼信号	CE	
32	1F	1F	62.5kHz准正弦波
33	2F	2F	125kHz正弦波
33	索引脉冲	INDEX	同01道
34	方位角	AZM	
39	2F	2F	125kHz正弦波
2F 1F	读／写磁头读出分辨率的检查		

表 1-2-3　5.25 英寸双面高密 CE 盘 DK506-34H 信号波形

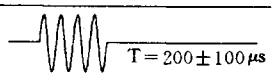
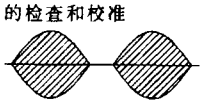
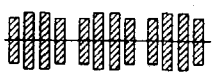
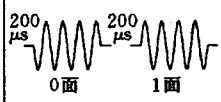
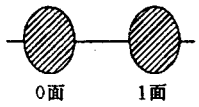
磁道号	信息名称		信号波形特征
	中文名称	英文缩写	
00	2F	2F	250kHz准正弦波零道位置
02	索引脉冲	INDEX	 索引传感器位置的检查
32	猫眼信号	CAT	读／写磁头、径向位置的检查和校准 
64	1F	1F	125kHz准正弦波
66	2F	2F	250kHz正弦波
68	索引脉冲	INDEX	同02道
	方位角	AZM	 读／写磁头方位角检查和校准
	2F	2F	250kHz正弦波

表 1-2-4　3.5 英寸 CE 盘片 DK302-12，DK302-16 信号波形

磁道号	信息名称		信号波形特征
	中文名称	英文缩写	
00／40／78	索引	INDEX	
40	猫眼	CE	
40	方位角	AZM	
64*	1F	1F	62.5kHz正弦波
66*	2F	2F	125kHz正弦波

二、硬盘片

1.数据盘片

材料型号为日本产 5086 或类似的铝合金基片上涂上磁性层，方法有三种：

(1)涂布型盘片，它的涂层是 $r\text{-}Fe_2O_3$。

(2)电镀型连续膜介质盘片。

(3)真空溅射型连续薄膜介质盘片。

80 年代介质厚度为 0.05～0.1mm，磁介质矫顽力可以做得很高，达 $H_c > 47746A/m$(600Oe(奥斯特))，位密度可达 2500 位/英寸，现在的水平远远高于此指标。

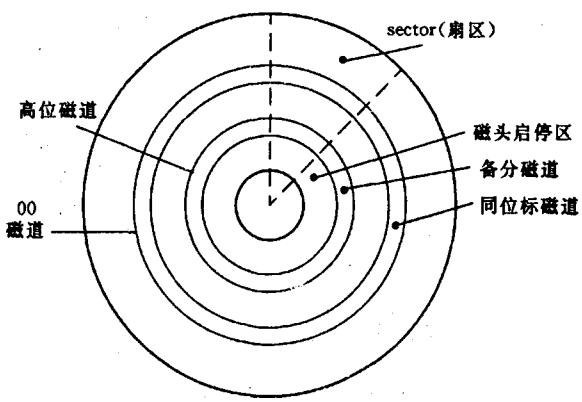


图 1-2-12　硬盘片示意图

磁盘机硬盘片(见图 1-2-12)，从外到里分别为 00 磁道、高位磁道，然后为备分磁道和启停区。磁道数由生产厂定。

启停区的设立是为了保护好零磁道，使其在接触启停中而不受损伤。

一个盘面上物理地划分多个扇区，扇区数硬盘机有 11、17、38、63 等几种。

2.伺服盘片

伺服盘片，由生产厂家专用的仪器设备刻写上伺服定位控制信息，作为伺服定位时专用。

3.清洗盘片

清洗软盘片主要用磁头的清洗，它是在加载窗口处加几滴清洗液，把盘片插入磁盘机中，让磁盘机工作约5分钟。每个清洗盘最多用15次左右。但对于磁头上有堆积磁粉时，用清洗盘片是无法清除的，必须用其他方法。

第五节　专用芯片

专用芯片是磁盘机发展的产物。随着磁盘机的发展，结构越来越小，电路的集成度越来越高。

目前磁盘机上的专用芯片大致分为以下几类：

(1)主轴驱动电机专用芯片，如TC9142；

(2)步进电机专用芯片，如PBL3717、ST225中的11665-001；

(3)读/写专用芯片，如ST412中的11642-001、M3650中的Ministribe 10750017；

(4)接口专用芯片，如HH1050硬盘机中用501262-002；

(5)伺服专用芯片。

专用芯片是磁盘生产厂家定制的，因而随着磁盘类型的不同而有区别，是生产厂家专利产品。但经过长期的使用，有的也成批生产，被其他厂家选用，变成了通用芯片。

现以HH725、HH1050中常用的接口芯片加以说明。它们都用了501262-002接口芯片，把接口信号都包含在该芯片内。

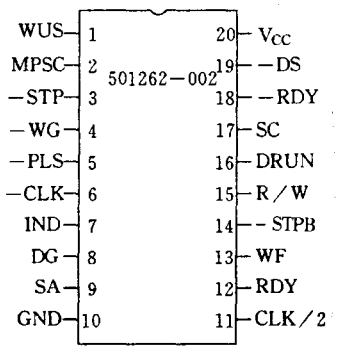


图1-2-13　501262-002引脚说明

图1-2-13为501262-002引脚说明，图中各符号的意义为：

1	WUS	写不安全
2	MPSC	来自微处理器的寻道完成
3	-STP	步进脉冲
4	-WG	写控制信号
5	-PLS	索引脉冲
6	-CLK	时钟
7	-IND	索引(发往控制器)
8	DG	数据间隙
9	SA	伺服有效
10	GND	地
11	CLK/2	时钟1/2分频
12	RDY	准备好
13	WF	写故障
14	-STPB	缓冲的步进脉冲
15	R/W	读/写

16	DRUN	数据使能
17	SC	寻道完成(发往控制器)
18	-RDY	准备好
19	-DS	驱动器选择
20	V_{cc}	电源

专用芯片五花八门,而且功能很强,不可能一一介绍,以此为例说明它的一些专业功能和专用芯片的含义。望读者注意收集有关其他盘专用芯片的资料,以便更好地为你服务。

思考题:

1.磁记录方式有哪几种,各有什么特点?
2.磁记录的基本参数是什么,它们的具体含义是什么?
3.磁头执行电机有哪几种,各在什么场合使用?
4.软磁盘片有哪几种?什么是猫眼盘片,怎样使用猫眼盘片?
5.专用芯片含义,你收集了哪些专用芯片?

第二篇　软盘机

第一章　软盘机原理

第一节　概　　述

软盘机，又称软磁盘驱动器(Floppy Disk Driver)简称 FDD。它以软盘片作为记录媒体，由此得名。软盘机是计算机系统中一个重要的外部设备，广泛应用于各种微型计算机外存储设备、计算机数据输入装置、各种智能终端外存储器等。

软盘机从主机控制器接收数据信息及状态控制信号，经过软盘机处理，记录在盘片上。反之，还可将记录在软盘片上的数据信息还原到主机控制器中。

软盘机由磁头、磁头驱动机构、磁头加载机构、盘片、盘片夹紧机构、00 磁道检测、写保护检测、索引信号检测、盘片替换检测及控制电路组成。它的工作过程是：主机控制器首先发出选择软盘机信号，启动主轴电机旋转，产生索引信号并初寻后，磁头停在 00 磁道上；初寻完成后，软盘机送出“完成”信号给主机控制器，软盘机待命执行主机控制器发出的各种存取数据的命令。

功能框图如图 2-1-1 所示。

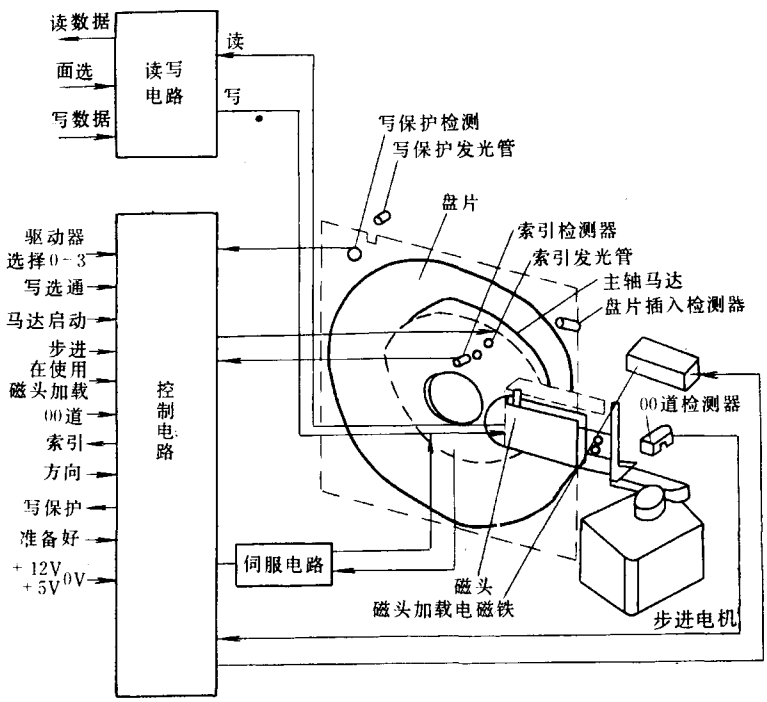


图 2-1-1　软盘机功能框图

1. 磁头

对单面软盘机来说,只有一个磁头,即下磁头。对于双面软盘机来说,有二只磁头,即上磁头和下磁头。

磁头相当于做记录的笔,在软盘机中是非常重要的部件。磁头在工作状态时与盘片直接接触,以获得最大的磁转换效率,而使磁头和盘片间的磨损最小。

2. 磁头加载机构

磁头加载机构可由加载电磁铁和加载臂组成,也可由加载臂与门锁组成。前者称为电磁铁加载,后者称直接加载。电磁铁加载的优点在于当软盘机不进行数据存取时,磁头与盘片不接触,这样可以减少磨损,延长盘片和磁头的寿命。直接加载的优点是结构简单,存取数据速度快。但无论哪一种,它们的功能都是将磁头压向盘片,使磁头与盘片在存取数据时接触良好。这个接触力就是加载力,一般在 0.1 ~ 0.2N 范围内。

3. 磁头驱动机构

磁头驱动机构是将步进电机的转动通过钢带传动或丝杆传动机构转变为磁头的直线运动。5.25 英寸软盘机大多采用钢带传动机构。3.5 英寸软盘机大多采用丝杠传动机构。也有不采用传动机构,把步进电机做成平面直线电机直接驱动磁头做直线运动。

4. 盘片

盘片相当于记录用纸。它是软盘机的存储介质。目前,计算机中作为记录数据用的数据盘片,可以记录 40 ~ 80 条磁道。存储 180 ~ 1400KB 的信息。详见磁记录基本知识一章。

5. 盘片夹紧机构

盘片夹紧机构是主轴电机带动盘片转动的机构。它通过一个塑料涨紧轮毂将盘片定位在主轴中心上。

6. 状态检测器

软盘机有四种状态检测器。这四种状态检测器是:00 磁道信号检测器、写保护信号检测器、索引信号检测器、盘片插入信号检测器。3.5 英寸软盘机还有高/低密度检测器。这些检测器有的用光电耦合器,有的用微动开关。

7. 控制电路

控制电路是软盘机实现存取数据信息的重要手段。它接收主机各种信息存储在盘片上,并向主机传送记录在盘片上的各种信息。它包括读写电路、主轴电机驱动电路、步进电机驱动电路、磁头加载电路、软盘机选择电路和各种状态检测器控制电路。

第二节　软盘机分类和软盘机接口

软盘机从 70 年代问世以来,不论在机械结构上还是在存储容量、电路控制上都日趋完美。70 年代初用的是 8 英寸软盘机,80 年代大多用 5.25 英寸软盘机,到 80 年代后期,3.5 英寸软盘机逐步占领了微机市场。

一、软盘机分类

软盘机种类繁多,型号各异。常用的分类方法有:

1. 按记录面分,有单面软盘机和双面软盘机。

2. 按外形尺寸分,有 8 英寸、5.25 英寸、4 英寸、3.5 英寸、2 英寸等软盘机。

3. 按记录容量分，有 250KB、360KB、720KB、1.2MB、1.44MB 等软盘机。

4. 按接口信号分，有 34 芯标准接口、有 50 芯、26 芯、40 芯、20 芯专用接口。

5.25 英寸软盘机有 34 芯标准接口，也有 20 芯专用接口。8 英寸软盘机的接口多种多样，没有统一标准。3.5 英寸软盘机有 34 芯标准接口，26 芯、40 芯专用接口等。除了 34 芯标准接口和 50 芯专用接口外，其余型式的接口都带有 +5V、+12V、-12V 电源。使用时切莫插错。

二、软盘机接口

软盘机接口是软盘机与主机控制器交换信息的端口，通常称为软盘机接口。

1. 8 英寸软盘机接口种类繁多，接口信号不统一，表 2-1-1 只列出其中三种接口信号。

2. 5.25 英寸软盘机接口有 20 芯插针式和 34 芯印制电路板直插式二种。具有 20 芯插针式接口的软盘机是配置在 Apple-Ⅱ、紫金-Ⅱ、中华学习机上。34 芯直插式接口配置在 IBM/PC 及同类型的各档微机上。各种接口信号列于表 2-1-2。

3.3.5 英寸软盘机接口为 34 芯插针式或 26 芯、40 芯插针式。34 芯插针式的软盘机与 5.25英寸具有 34 芯接口的软盘机完全兼容。26 芯插针式软盘机用在各种电脑打字机上。它们的接口信号列于表 2-1-3。

表 2-1-1　8 英寸软盘机接口信号表

型号	YED I/F	ANSI I/F	VFO I/F
	3M 型　50 芯	插件型 50 芯	3M 型　50 芯
输入信号	磁头选择	磁头选择	磁头选择
	使用中	使用中	——
	写数据	写数据	写数据
	写选通	写选通	写选通
	不安全复位	——①	错误复位
	低电流	低电流开关滤波器	低电流
	步　进	步　进	步　进
	方　向	方　向	步进方向
	磁头加载	磁头加载	磁头接上
	驱动器选择 0	驱动器选择 1	装置选择 2^0
	驱动器选择 0	驱动器选择 1	装置选择 2^1
	驱动器选择 2	驱动器选择 3	——
	驱动器选择 3	驱动器选择 4	——
	开关滤波器	——	——
	——	——	数　据　区
	——	——	MFM 选通

续表

型号	YED I/F	ANSI I/F	VFO I/F
	3M型 50芯	插件型50芯	3M型 50芯
输出信号	读 数 据	读 数 据	分离数据(文件数据)
	磁盘2检测	磁盘2检测	软盘片11检测
	索 引	索 引	索 引
	驱动器检测	——	——
	文件不安全	——	失 效
	写 保 护	写 保 护	文件保护
	磁 道 00	磁 道 00	磁 道 00
	准备就绪0	准备就绪	准备就绪0
	准备就绪1	——	准备就绪1
	准备就绪2	——	准备就绪2
	准备就绪3	——	准备就绪3
	——	换 磁 盘	——
	——	——	VFO时钟
	——	——	分离时钟

① 表示无信号

表 2-1-2 5.25英寸软盘机接口信号表

脚号	输入/输出	信 号	说 明
30	出	读 数 据	读出数据脉冲(时钟脉冲与数据脉冲未分离过)
	入	开关滤波器	切换读出系统的滤波器,在磁道0~43无效,在磁道44~79有效
32	入	磁头选择	选择盘面。用"H"选择0面(和单面FDD相同)用"L"选择1面
24	入	写 选 通	有效时允许向磁盘写入
22	入	写 数 据	写入数据脉冲串(由时钟脉冲和数据脉冲合成)
28	出	写 保 护	插入带有禁止写入缺口的磁盘时,此信号有效,这时磁盘禁止写入
18	入	方 向	指示磁头的移动方向
20	入	步 进	使磁头移动的脉冲,一个脉冲移动一个磁道
4	入	磁头加载①	使两个磁头与磁盘的两面接触
4	入	使 用 中①	在未被选择的FDD中,当"使用中"指示灯点亮,说明该FDD已使用
8	出	索 引	索引孔的检测信号。磁盘每旋转一圈就产生一个脉冲索引信号
34	出	准备就绪	指示磁盘已装上,并在旋转
26	出	00磁道	指示磁头的位置在0道

续表

脚号	输入/输出	信　号	说　明
6 10 12 14	入	驱动器选择 0～3(1～4)	从采用菊花链连接的 FDD 中,选择所要使用的 FDD
34	出	换　盘①	打开未被选择的 FDD 之门,换好盘片。当选择时将它传给主系统
16	入	电机接通	使驱动电机旋转的指令信号选通。此信号不受驱动器选择信号选通,所以当此信号有效时,所连各 FDD 的电机都被接通

① 有些没有此信号

表 2-1-3 3.5 英寸软盘机接口信号表

34 引脚接口			26 引脚接口		
引脚号	OA-D33V 索　尼 300r/min 单面	OA-D33W 索　尼 300r/min 双面	引脚号	OA-D32V 索　尼 600r/min 单面	OA-D32W 索　尼 600r/min 双面
1	磁盘更换复位	磁盘更换复位	1	马达接通	马达接通
2	磁盘更换	磁盘更换	2	驱动器选择 0	驱动器选择 0
3	返　回	返　回	3	磁盘更换	磁盘更换
4	在使用	在使用	4	驱动器选择 1	驱动器选择 1
5	返　回	返　回	5	磁盘更换复位	磁盘更换复位
6	驱动器选择 4	驱动器选择 4	6	方向选择	方向选择
7	返　回	返　回	7	返　回	返　回
8	索　引	索　引	8	步　进	步　进
9	返　回	返　回	9	返　回	返　回
10	驱动器选择 1	驱动器选择 1	10	写数据	写数据
11	返　回	返　回	11	返　回	返　回
12	驱动器选择 2	驱动器选择 2	12	写选通	写选通
13	返　回	返　回	13	返　回	返　回
14	驱动器选择 3	驱动器选择 3	14	磁头加载	送磁头
15	返　回	返　回	15	返　回	返　回
16	电机接通	电机接通	16	备　用	磁头加载
17	返　回	返　回	17	返　回	返　回
18	方向选择	方向选择	18	索　引	索　引
19	返　回	返　回	19	返　回	返　回
20	步　进	步　进	20	00　道	00　道
21	返　回	返　回	21	返　回	返　回
22	写数据	写数据	22	写保护	写保护

续表

34引脚接口			26引脚接口		
引脚号	OA-D33V 索 尼 300r/min 单面	OA-D33W 索 尼 300r/min 双面	引脚号	OA-D32V 索 尼 600r/min 单面	OA-D32W 索 尼 600r/min 双面
23	返 回	返 回	23	返 回	返 回
24	写选通	写选通	24	读数据	读数据
25	返 回	返 回	25	返 回	返 回
26	00磁道	00磁道	26	准备就绪	准备就绪
27	返 回	返 回			
28	写保护	写保护			
29	返 回	返 回			
30	读数据	读数据			
31	返 回	返 回			
32	备 用	磁头选择			
33	返 回	返 回			
34	准备就绪	准备就绪			

第三节 软盘机结构

软盘机由机械结构和电路结构组成。它们互相依赖，协调工作，执行主机需要传送的各种数据信息。软盘机各机构之间的传动原理如图 2-1-2 所示：

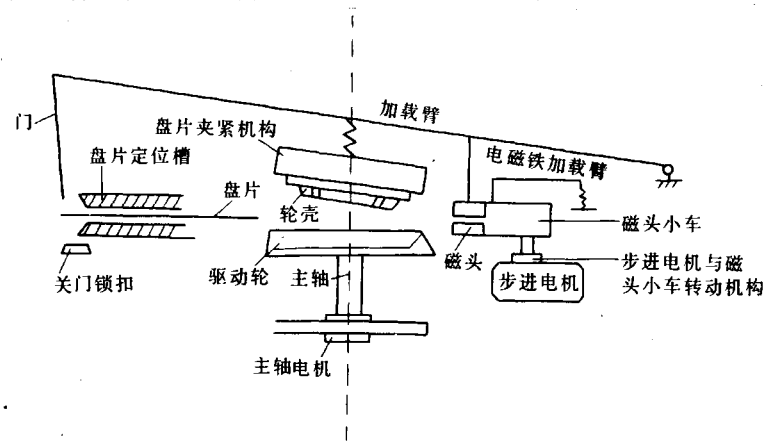


图 2-1-2 软盘机机械结构传动原理

当软盘机和开门锁打开时，盘片通过盘片定位槽插入软盘机内，并基本定位于主轴中心。关门后，与门机构联动的盘片夹紧装置(轮毂)将盘片定位于主轴驱动轮上。由于关门锁扣的作用，软盘片在工作状态不会发生滑动。主轴电机带动主轴旋转，并使盘片在盘套内旋转。磁头安装在磁头小车上做直线运动。步进电机每转过一个步距角，磁头移动一个磁道的距离。在读写操作时，磁头加载电磁铁通电吸合，使磁头平稳地压在盘片上。

软盘机的机械结构包含以下几个部分：

一、底座、上仓、下仓部件

底座是铝镁合金铸件，有足够的刚度。上、下合仓是使盘片顺利插入软盘机，防止外力压向盘片而不使盘片变形的装置。3.5 英寸软盘机的上仓部件还具有开窗锁，将盘片插入的同时，把记录窗口打开。

图 2-1-3 是 3.5 英寸软盘机上仓部件示意图。

二、缓冲器

缓冲器相当于录音机里的慢开门装置。这是 3.5 英寸软盘机特有的。它是在门钮打开或关闭时减少盘片弹出力，并使磁头缓慢降落至盘片上而设置的。

三、磁头定位机构

磁头定位机构包括步进电机，磁头小车与步进电机之间联接机构。它的作用是将磁头小车送到指定的磁道位置。定位机构形式比较多，下面介绍几种常用的定位机构。

1. 丝杆传动定位机构

这种定位机构利用丝杠做传动机构。丝杠与步进电机定子做成一体，丝杠做成具有梯形螺纹的杆。磁头小车上伸出两个支架，紧压在丝杆螺槽上。步进电机每转过一个步距角，磁头小车随着丝杠的转动在丝杆的螺距上移动，这就实现了步进电机的角位移转为直线位移。这种定位机构(见图 2-1-4)广泛地用于 3.5 英寸软盘机。

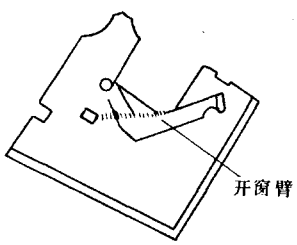


图 2-1-3　3.5 英寸软盘机上仓部件

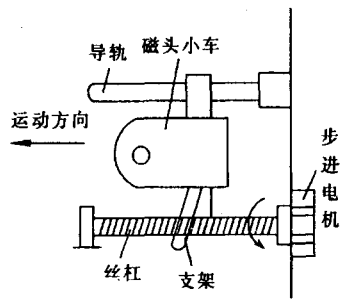
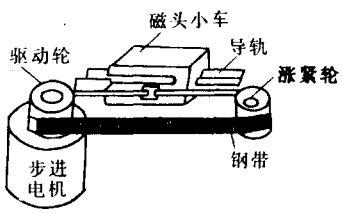


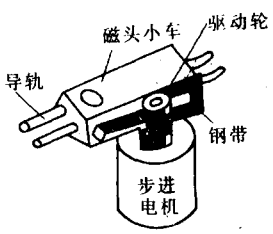
图 2-1-4　3.5 英寸软盘机定位机构

2. 钢带传动定位机构

钢带传动定位机构在 5.25 英寸软盘机中应用普遍。如图 2-1-5 所示，它采用一条合金钢带作传动件，钢带用螺钉固定在步进电机的驱动轮上。钢带的固定形式有 o 型及 α 型。



(a) o 型结构



(b) α 型结构

图 2-1-5　5.25 英寸软盘机定位机构

“o”型结构是把钢带用螺钉固定在步进电机驱动轮上。并由胀紧轮胀紧。磁头小车又用螺钉固定在钢带上。当步进电机转动时,小车随着钢带沿导轨做直线运动。

步进电机每走一步,小车移过一个磁道间距。由于钢带是固定在步进电机驱动轮的圆周上,这就限制了步进电机的转动范围,使它不允许超过 180°。在这个范围内,步进电机要走 77 步以上,因此步距角为 1.8°。

α 型结构是在钢带的中间部分用螺钉固定于步进电机的驱动轮上。钢带的两端分别在驱动轮上缠绕半圈后,再用螺钉固定在小车上。当步进电机转动时,钢带的一端被松开,另一端被拉紧,小车在钢带给予的推、拉力作用下,沿导轨作直线运动。这类机构的驱动轮可以在 360°范围内转动,因此,可选 3.6°的步进电机。

3. 步进电机直接驱动定位机构

这种定位机构采用的步进电机是平面直线型步进电机(见图 2-1-6),它的电极、永磁体、线圈以平面形式安装。

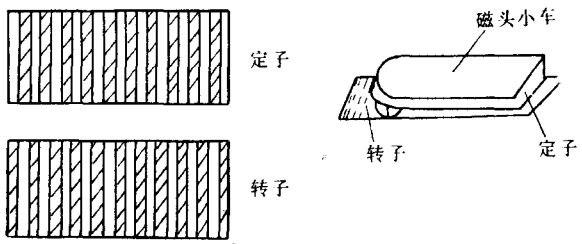


图 2-1-6 平面直线型步进电机

磁头小车的底部直接做成定子,软盘机的底座上直接安装了转子,磁头小车移动一个电极,小车就移动了一个磁道的距离。这种电机的电极位置应当是非常精确的。

4. 螺旋槽定位传动机构

这种定位传动机构比钢带定位传动机构简单,见图 2-1-7。早期的全高度 5.25 英寸软盘机就采用这种机构。带 V 型螺旋槽的驱动轮直接安装在步进电机的输出轴上。小车是通过一个弹性臂按螺旋槽的曲率半径变化规律运动。当步进电机每走过一个步距角,螺旋槽半径尺寸在驱动轮的径向变化一个磁道距离。

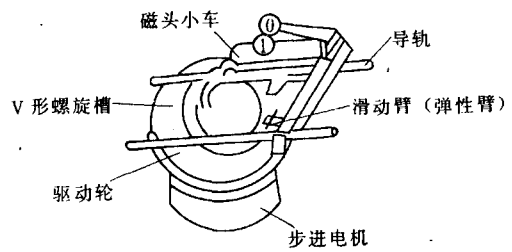


图 2-1-7 螺旋槽定位传动机构

四、磁头加载机构

软盘机磁头加载机构是为保证磁头与盘片之间有良好接触而设置。加载形式有 电磁铁加载和加载臂直接加载两种:

1. 电磁铁加载

所谓电磁铁加载，其实就是利用电磁铁通、断电时的离合来达到加载。见图 2-1-8，通电时，电磁铁吸合托架，放开加载臂，使磁头压向盘片。不通电时，托架将加载臂托起，使磁头离开盘片。

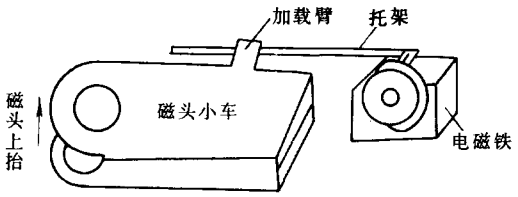


图 2-1-8　电磁铁加载机构

2. 直接加载机构

直接加载机构见图 2-1-9。磁头小车的加载臂直接搁在盘片夹紧机构的压臂上，当盘片插入并关门，磁头小车加载臂随着压臂落下，磁头就自然压向盘片，这个加载力约为 0.08N(8g)。

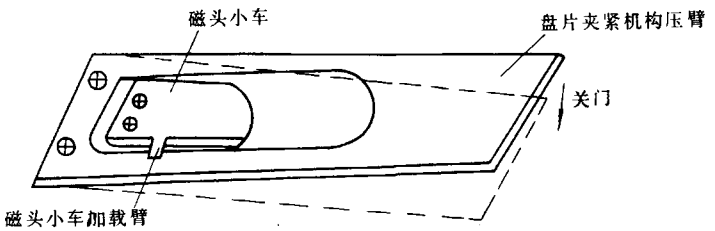


图 2-1-9　直接加载机构

五、盘片驱动机构

盘片驱动机构是将盘片快速、准确地定位于驱动轮的主轴中心的位置，并使它以一定速度匀速旋转。它由盘片插入引导机构，主轴驱动轮系和盘片夹紧机构以及盘片弹射机构等几部分组成。

1. 盘片插入引导机构

此机构的作用是对盘片插入起引导作用，使盘片初步定位在驱动轮的中心位置，以便能使夹紧机构把盘片夹紧在主轴上。

2. 主轴驱动轮系和盘片夹紧机构

主轴驱动轮系是带动盘片旋转的机构。因此，要求旋转时平稳，端向跳动小，不随负载和外界电压波动而变化。主轴驱动轮系与盘片夹紧机构是一副完全配合良好的机构。当盘片插入盘腔时，盘片中心正好位于主轴驱动轮上。盘片夹紧机构上有一涨紧轮毂。当压臂下压时，涨紧轮毂将盘片套入后，压向主轴驱动轮的杯形槽中。主轴驱动轮转动，带动盘片旋转，如图 2-1-10 所示。

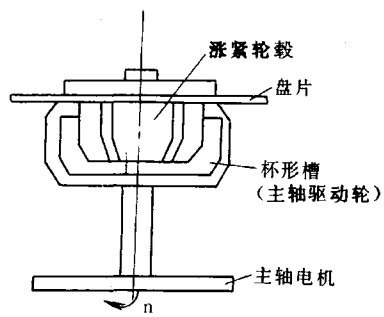


图 2-1-10　主轴驱动机构

3.5 英寸软盘机的盘片驱动机构由于 3.5 英寸盘片有一个吻合机构，因此，它的驱动机构更简便、更可靠。

第四节　软盘机电路原理

软盘机尽管种类繁多，型号各一，但电路控制都应能实现下述功能：

(1) 识别主机控制器的控制信息，产生软盘机的各种状态信号；

(2) 把磁头移到指定磁道位置；

(3) 驱动盘片稳速旋转；

(4) 正确地写入(存入)或读出(取出)二进制信息。

要实现上述四个功能，必须具备下列控制电路：

(1) 状态信号检测电路；

(2) 磁头定位电路；

(3) 稳速电路；

(4) 读写电路。

下面分别介绍各种电路的控制作用。

一、盘选择电路与选头电路

在微型计算机系统中，软盘机控制器可控制 1～4 台软盘机，用并联方式相联。某一台软盘机要与主机交换信息，则由控制器发出“设备选择”信号来选择软盘机。只有被选中的软盘机，才能和主机交换信息。软盘机上的选择电路就是为被“选中”而设置。我们称它为“设备选中”信号(Drive select)。它的典型电路如图 2-1-11 所示。

图中，J1 为软盘机与主机控制器连接插座；DS0～DS3 为设备选中号 0～3；J2 为选择设备号插座；X1 是短路插座。X1 跨接在哪一设备号上，软盘机就作为那一号设备被使用，如 X1 插在 DS0 这条信号线上，则软盘机就被作为 0 号设备使用。“设备选中”信号在软盘机的各个电路中有很重要的作用，它控制下列电路：

(1) 面板指示灯驱动电路；

(2) “索引”信号驱动电路；

(3) 步进电机控制电路；

(4) 写电路；

(5) “写保护”驱动电路；

(6) 读电路；

(7) 主轴电机驱动电路；

(8) 准备完成驱动电路。

选头电路的作用是选择上、下磁头，工作时其中之一起作用。选择上磁头或下磁头读/写，完全由主机控制器来选择，这个选择信号称为“面选(side one)”。图 2-1-12所示为典型选头电路。

“面选”信号通过 J1-32 脚输入，通过 2E、2B、3E 将信号电平加到了 Q7 和 Q6 的基极，Q6 和 Q7 的集电极与 0 磁头的中心抽头和 1 磁头的中心抽头相联。因此，选择 0 磁头(下磁头)还是 1 磁头(下磁头)就由 Q6 和 Q7 的导通来控制。若“面选”信号为低电平，2E-8 脚输出高电平，2B-2 输出低电平，3E-12 脚为高电平，Q6 截止，Q7 导通，+5 V 电压通过 CR17 加至 Q7 发射极，使 Q7 的集电极电压约为 4.2V，这个电压加到 1 磁头的中心的抽头上。此时，Q6 截止，

0 磁头通过 R28 接地。那么,1 磁头处于工作状态,而 0 磁头不工作。

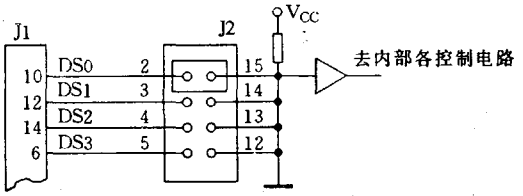


图 2-1-11　选择电路

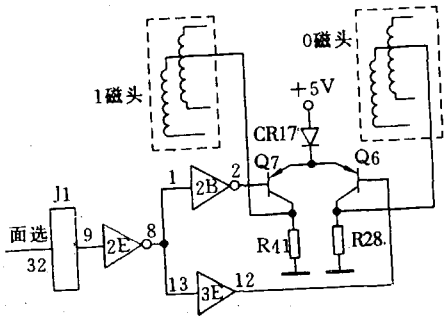


图 2-1-12　选头电路

二、写入电路

写入电路根据主机控制器送来的二进制编码数据脉冲,转换成驱动电流。通过磁头在盘片上产生代表一定信息的磁化翻转。

软盘机的写入电路由写数据转换电路、写电流驱动电路、恒流源和写保护电路组成。早期的软盘机的写入电路由分立元件构成。目前使用的软盘机的写入电路用一集成电路就把全部的写入电路都包含在一起。提高了写入数据的可靠性。写入数据的原理框图如图 2-1-13 所示。

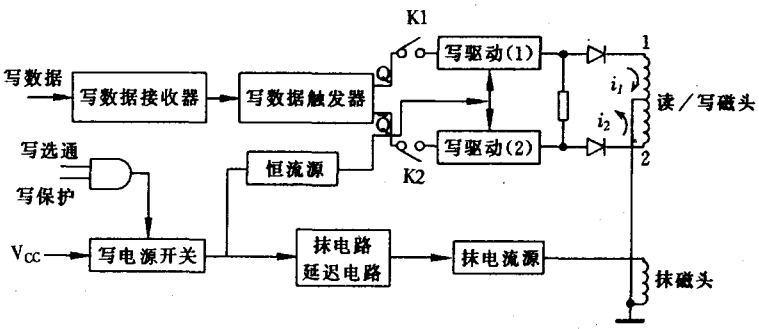


图 2-1-13　写入数据原理框图

图中,"写数据"、"写选通"是主机控制器来的信号。"写保护"是软盘机产生的状态信号。

1. 写数据转换电路与写电流驱动器

在写数据时,主机控制器发出"写选通"信号。若此时盘片不处于写保护状态,则接通写电流开关。写入数据通过写数据接收器整形之后,加到写数据触发器,产生两个电流开关信号,分别去控制二个写驱动电路。写数据触发器是一个 D 触发器或 J-K 触发器。Q 和 $\overline{Q}$ 控制 K1 和 K2 的接通与断开。若 K1 通,K2 断,电流通过 K1 进入读写线圈的 1 端与地构成回路,形成电流 i_1。若 K2 通,K1 断,则电流进入读写线圈 2 端与地构成回路,形成电流 i_2。i_1 和 i_2 为方向相反大小相等的电流。不同的电流方向在盘片上形成了不同的磁化方向。二进制信息就这样被记录下来。

图 2-1-14 所示是软盘机典型的写入电路。

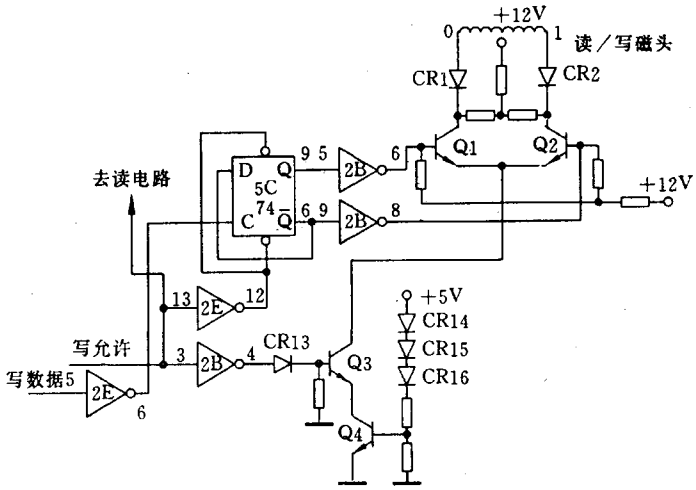


图 2-1-14　软盘机写入电路

图中,“写允许”信号已经过内部电路的处理,这个信号为低电平有效。产生这个信号的条件是:

“写允许”=软盘机被选中·写选通·未写保护·磁头已在目的磁道·盘片插入·门关闭

“写允许”信号通过 2B-4,使 Q3、Q4 组成了一个恒流源。当“写数据”(WRITE DATA)到来时,利用写数据脉冲的前沿,触发 D 触发器(5C)的时钟端 C,通过 5C 计数,从 5C 的 Q 和 $\overline{Q}$ 端输出写波形,再经过反相器 2B 分别去控制 Q1 和 Q2 的基极。若 5C-Q 端为低电平,则 5C-$\overline{Q}$ 端则为高电平。经过反相器 2B-6,2B-8 输出到 Q1 和 Q2 的基极,此时,Q1 导通,Q2 截止,电流通过 0 线圈与地形成回路。反之,若 Q1 截止,Q2 导通,则电流通过 1 线圈与地形成回路。Q1 和 Q2 的轮流导通,在磁头线圈内产生不同方向的电流,一串数字信息就被记录下来。

在高容量的软盘机中,写电流开关还受磁道计数的控制。在内磁道时,由于记录速度不变,因此,内道的记录数据密度就比外道高,若写电流与外道一样大,势必造成数据拥挤,影响记录的可靠性。为解决这个矛盾,在设计电路时,当磁道计数到 43 道后,控制写电流开关,使电流减小,避免内道数据拥挤。

2. 抹电路

由磁道记录格式及磁头结构可知,当读/写磁头的读/写缝隙在数据段的起始部分时,抹磁头正处在读数据段的地址区域。因此,在磁头定位精度不准确的情况下,若在写信号一开始就通以抹电流,则有可能把地址区域上的信息抹去。为解决这个问题,就需要在“写选通”信号来后延迟一段时间。同样道理,若在写完之后立即切断抹电流,就会出现一段未经抹头修整的磁道。这段磁道上的信息就会产生道间干扰。所以要在写选通信号变成无效后延迟一段时间,再切断抹电流。抹电流开关信号的延迟时间与磁头的读/写缝隙与抹缝隙之间的距离有关。在工程上有一大致的计算式。如图 2-1-15 所示,设 l 为盘片读/写缝隙与抹缝隙的距离,Rn 为某磁道半径,v 为盘片移动速度。

则盘片从读/写缝隙转到抹缝隙所需时间 t 的计算式为

$$t=\frac{l\times v}{2\pi Rn}$$

一般来说,前沿的延迟时间应由外磁道的线速度决定,后沿的延迟时间应由磁道的线速度

决定。这二种延迟时间由单稳电路组成。

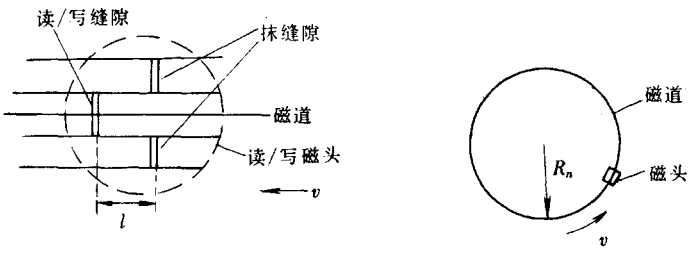


图 2-1-15　计算式示意图

三、读出电路

读出电路的功能是将盘片上的二进制信息还原成数据脉冲，输出到主机控制器中。由于盘片上的数据信息只是一系列的磁化翻转信息。还须经过磁头线圈产生感应电动势，经放大整形送至主机控制器。它的基本功能框图与各控制部分的输出波形见图 2-1-16。

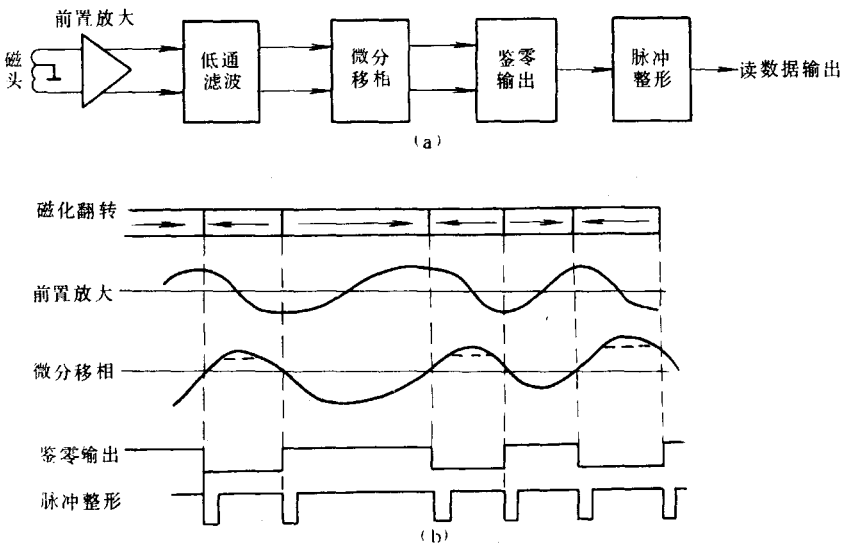


图 2-1-16　读出电路的功能及波形

(a) 读出电路功能框图　(b) 输出波形

1. 前置放大器

前置放大器的作用，是将来自读/写磁头的微弱信号不失真地放大。它应能满足下述要求：

(1) 具有足够的放大倍数。放大倍数太大，容易使输出饱和，造成信号失真。放大倍数太小，后级电路难以接收。

(2) 要有足够宽的频带。放大器的放大倍数是频率的函数。对于某个频段的信号，有大致相同的放大倍数，而对某些频段的信号放大能力较差。这就要针对读出信号的频段，对放大器提出列于表 2-1-4 的基本要求。

(3) 放大器的输入阻抗应能和磁头内阻相匹配，使传输效率最高。放大器输入阻抗就是磁头的负载。磁头的内阻是感性的，在交变电流作用下才显示出来。如果放大器内阻太小，不仅传输效率低，而且对读出信号中各种不同频率的信号的相位移也不相同，这样就会导致读出波形出现峰点漂移。

(4) 有较强的抗干扰能力。由于从磁头上感应的信号相当微弱，只有 2～3 mV，如果信号线过长，信号将被共模干扰和损失。因此，必须选用共模抑制比较高的放大器。图 2-1-17 是一典型前置放大电路。

表 2-1-4　放大器的通频带基本要求

记录方式	调频制	改进调频制
最大最小翻转间隔	T ～ ——	$2T_o$ ～ ——
记录脉冲频率	f_o ～ $2f_o$	—— ～ f_o
放大器通频带	—— ～ f_o	—— ～ ——

注：To 为位周期；$f_o = 1/T_o$

图中 μA733 就是具有较高共模抑制比的放大器。CR1 和 CR2 是隔离二极管。为防止放大器的输入端电压不超过它所承受的反向电压而设置。

2. 低通滤波

读出信号经过前置放大后，还存在许多高频干扰噪声。这就需要用滤波电路来消除不必要的高频干扰。滤波电路的相位频率特性是线性的，对读出信号不产生附加的相移。典型滤波电路如图 2-1-18 所示。

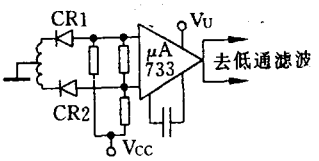


图 2-1-17　前置放大电路

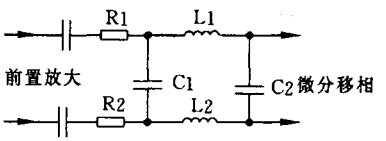


图 2-1-18　滤波电路

这个滤波器由 R、L、C 元件组成。它的通频带的上限频率一般设计在 3～5 f_o 左右。

3. 微分电路

从图 2-1-16 可以看出，读出信号的峰值对应于发生磁化翻转的地方，磁化翻转处正是记录了一位数据信息。因此，只有检测到信号的峰点，才能还原所记录的信息。在读出信号的峰点，信号变化的斜率为零。如果对读出信号进行微分，那么在峰点，微分电路的输出则为零。实际上，就是产生了 90°的相移。这样，通过鉴零器就可以把信号的峰点检测出来。这种过程电路上比较容易实现。通常用宽带放大器 NE592 来实现。典型微分电路见图 2-1-19。R、L、C 组成了微分常数。

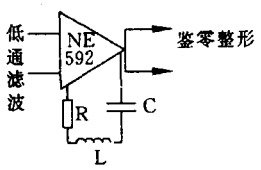


图 2-1-19　微分电路

4. 鉴零和整形电路

读出信号经过放大、滤波、微分以后，已经把信号的峰点变成了零点。鉴零电路的作用，是把微分信号经过整形，变成方波信号。图 2-1-16 (b) 中，方波的正负跳变沿对应每一个零点。这就是鉴别零点的作用。对应于方波的每一个跳变沿经过单稳电路的数字化整形，就得到了与写入数据信息一致的读出数据，图 2-1-20 所示是典型的鉴零和整形电路。

图中，LM311 是双端输入单端输出的零交叉检测器，相当于鉴零电路。它把输入微分信号变成方波信号。U1、U2、U3 组成了一个时域滤波电路。图 2-1-20(b)中，A 点波形中虚线表示的脉冲，是可能出现的假零点脉冲。但经过时域滤波后，得到的 D 点波形消除了假零点脉冲。最后得到了一串正确的数字信息。

应该指出，上述读写电路表明了软盘机的最基本的电路原理。随着科学技术的不断发展，大规模集成电路逐步替代了由分立元件组成的各种电路。它不仅体积小，而且电路的可靠性、稳定性大大提高。

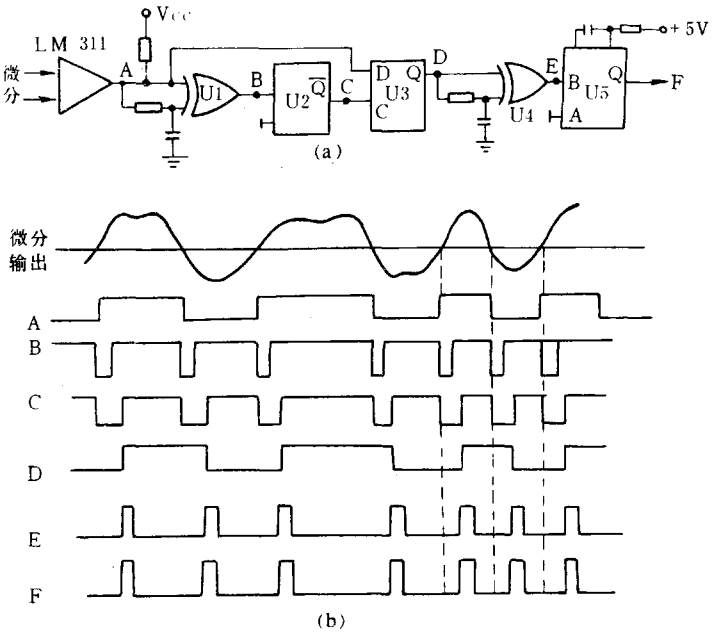


图 2-1-20　鉴零和整形电路

(a) 鉴零和整形电路　　(b) 各点波形

四、磁头定位控制电路

目前，软盘机的磁头定位控制方式一般采用开环控制方式。步进电机控制绕组主要有两相和四相两组两种控制方式。循环方式为二拍一循环。步进电机控制电路接收从主机控制器来的“步进脉冲”信号和“方向”信号，去控制步进电机。四相步进电机在定子上有四个绕组 A、B、C、D。每输入一个“步进”脉冲，电机绕组 A、B、C、D 将有二组同时加电。步进脉冲的不断输入，使 A、B、C、D 绕组中的二组轮流加电，电机依次转过一个步距角。通过传动机构，使磁头小车在磁道上移动。图 2-1-21 是典型的步进电机控制电路。

当“方向”信号为高电平时，每来一个“步进”脉冲，触发器 4C 的状态就改变一次。根据 4C 输出，4D、4E 分别去控制步进电机绕组。依次来步进脉冲，电机的寻道状态改变顺序为 AB-BC-CD-DA。当“方向”信号为低电平时，电机的寻道状态改变顺序为 DA-DC-CB-BA。步进电机控制电路还受 00 道信号控制。00 道是磁道的最外面一道。为保证磁头小车不后退至 -1 道，必须以 00 道信号去封锁步进信号。

图 2-1-21 中，4F(脚 11、12、13)是 00 道控制电路，当 00 道信号有效时，4F-11 脚为高电平；当 4B-10、12 脚为高电平时，4B-8 脚为低电平，3D-2 为高电平，1F-11 脚为低电平，送至软盘机接口。另外，4F-9 脚为高电平，4F-10 脚与 9 脚的“与非”结果，4F-8 输出低电平，封锁了步

进脉冲从4B-6输出，禁止步进电机往－1道移动。当主机控制器接收到00道信号后，“方向”信号将变为低电平。此时，4F-8输出高电平。允许步进脉冲重新输入，磁头小车将向磁道中心移动。表2-1-5表明了步进信号绕组导通的相互关系。

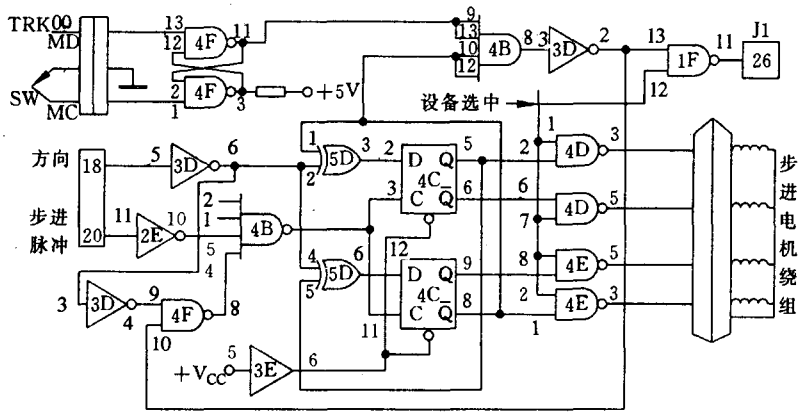


图 2-1-21　步进电机控制电路

表 2-1-5　步进信号绕组导通相互关系

条　件		各电路状态						A	C	D	B	绕组导通状态
		5D-3	5D-6	4C-5	4C-6	4C-9	4C-8	4D-3	4D-5	4E-5	4E-3	
+5V				0	1	0	1	1	0	1	0	DA
方向信号为低	⊓	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	AB
	⊓⊓	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	BC
	⊓⊓⊓	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	CD
	⊓⊓⊓⊓	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	DA
方向信号为高	⊓	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	DC
	⊓⊓	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	CB
	⊓⊓⊓	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	BA
	⊓⊓⊓⊓	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	AD

3.5英寸软盘机的步进电机控制电路基本上与上述控制过程一致。它是用一集成电路来完成上述功能。常用的有13421。13421采用双电压供电，当步进电机停留时，控制电路将对电机提供的电压减半，减少功耗。

五、主轴电机伺服电路

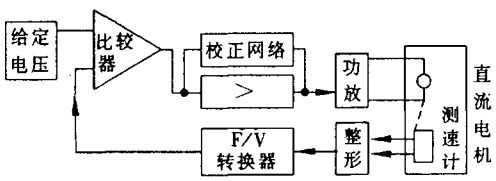


图 2-1-22　主轴电机伺服电路控制框图

在软盘机中，主轴电机一般 都采用直流无刷电机。只有早期的软盘机采用直流有刷电机或交流电机。

主轴电机的作用是驱动盘片恒速旋转。这个恒速旋转是靠主轴电机伺服电路来完成。主轴电机伺服电路控制框图如图2-1-22所示。

这是一个闭环控制系统。测速计给出表示电机速度的频率信号经过整形、频率/电压转换器，与给定电压比较产生一个误差信号。这个信号送入带有校正网络的放大器，经放大后，驱动功率放大器，以控制电机的电流大小，从而控制了电机的转速，使其稳定运行在标准速度下。图 2-1-23 是典型直流电机伺服电路。虚线框内为集成电路 LM2917。

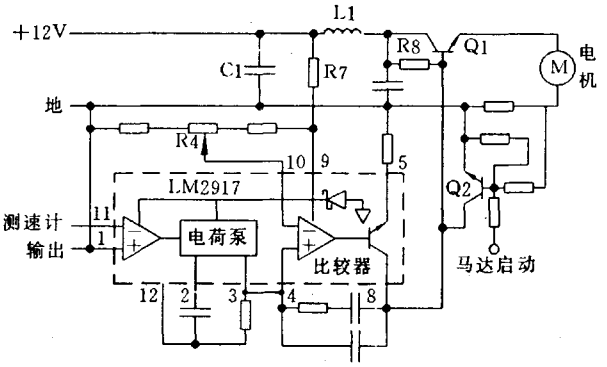


图 2-1-23　典型直流电机伺服电路

当从接口送来的“马达启动”信号为高电平时，Q2 导通，Q2 集电极输出低电平加至 Q1 基极，Q1 截止。+12V 电压没有加在电机上，电机不转。当“马达启动”信号为低电平时，Q2 截止，Q2 集电极输出高电平加至 Q1 基极，Q1 导通，+12V 电压通过 Q1 加至电机上。此时，电机还未转动，测速计输出为零，比较器负端电压大于正端电压，比较器输出低电平，使后级晶体管截止。LM2917-8 脚输出高电平，也使 Q1 导通，电流通过 Q1 加至电机上。当速度提高后测速计有输出信号送出，经过 F/V 转换，电荷泵被充电，LM2917-3 脚电压慢慢增加，加到比较器的正端，使正端电压逐渐大于负端电压，比较器输出电压上升，晶体管逐渐导通，集电极电压逐渐下降。这个电压通过 LM2917-8 脚送到 Q1 基极，Q1 基极电位下降，发射极电流降低。减少了向电机提供的电流，电机速度降低。反之，若速度降低，则 Q1 基极电位上升，射极电流增加。从而增加了提供给电机的电流，电机加速。若转速稳定，给定电压与 F/V 转换的电压比较为零，使晶体管截止，恒定在一个稳定的电压上，向电机提供一恒定的电流，使之以恒定速度旋转。

以上这种电机的控制方式是最基本的电机稳速方式，早期软盘机都是如此。目前使用的稳速控制方式都由一个集成电路完成。下面以 3.5 英寸软盘机的主轴电机控制电路为例，介绍此类电路，见图 2-1-24。

MD-21 型 3.5 英寸软盘机的电机控制电路与电机装配成一个整件。HA13440 是专用控制电路。H1、H2、H3 是霍尔元件，L1、L2、L3 是电机三相绕组，接成星形。各绕组的导通与断开受三个安装在电机转子上互成 120°角的霍尔元件产生的信号控制。FG 信号是与主轴电机转速成比例的测速信号。HA13440 的稳速过程是这样的：

测速信号经过零检测被整形成脉冲信号，与一固定频率的基准信号进行比较，产生误差信号，经放大后，控制主轴电机的激磁电流，达到稳速的目的。

六、状态检测电路

1. 00 道检测电路

00 道信号是软盘机送到主机控制器的信号。此信号告诉主机，磁头目前正处于 00 道的位置，通常采用微动开关或光电耦合器来检测这一信号。

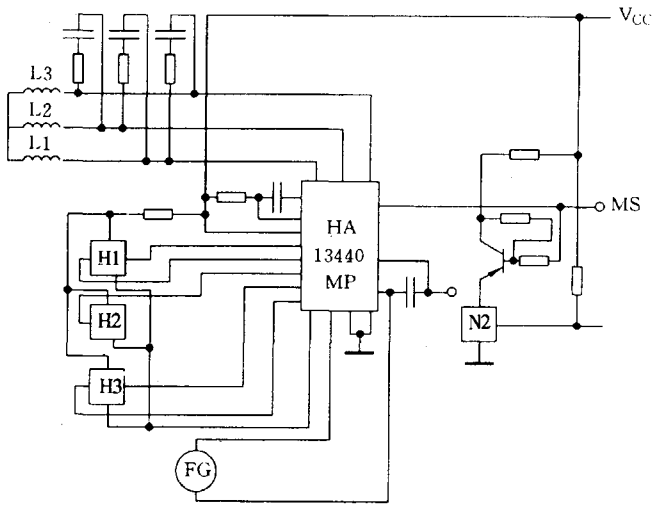


图 2-1-24　MD-21 主轴电机控制电路

光电耦合器是一发光二极管和光敏三极管的耦合体。图 2-1-25(a)表示光电耦合器如何检测 00 道信号。当与磁头小车联成一体的遮光臂在光电耦合器中通过时，发光二极管发出的红外光被遮光臂挡住，光敏三极管不能接收到红外光，光敏三极管截止，如图 2-1-25(b)所示。光敏管输出高电平，经反向驱动门输出至软盘机接口。

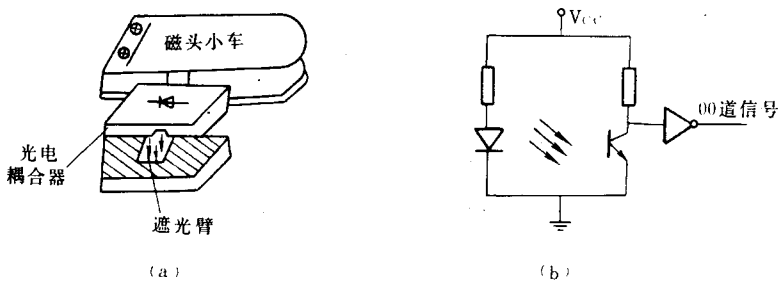


图 2-1-25　光电耦合器

采用微动开关的 00 道检测器的检测原理与光电耦合器一样，它的检测原理见图 2-1-26。

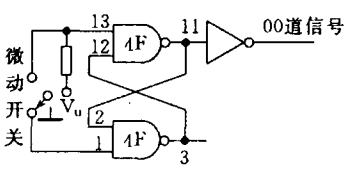


图 2-1-26　微动开关检测原理

这个电路采用了 R-S 触发器来消除微动开关在断开和闭合时产生的电平抖动，以免引起 00 道信号不稳定。当小车到了 00 道时，小车挡臂将微动开关触点压下，4F-13 为低电平，4F-11 为高电平，经反向驱动门输出 00 道信号 。

2. 索引信号检测电路

索引信号检测电路的作用是向主机提供“索引”脉冲信号。这个信号用来标志每个磁道的开始和结束。以便主机提供各种定时信号。

5.25 英寸软盘机采用光电耦合器。盘片上有一直径约 2mm 的小孔，称索引孔。光电耦合器安装在索引孔要通过的位置上。盘片旋转时，索引孔要通过光电耦合器，光电耦合器的通断就产生了索引脉冲信号。每转一圈产生一个脉冲，从软盘机的转速可知，索引脉冲的周期

T = 200ms 或 166.7ms。

3.5 英寸软盘机的索引信号产生不使用光电耦合器。它是利用安装在电机内部的霍尔效应来实现。图 2-1-27 所示是 3.5 英寸软盘机索引检测器。

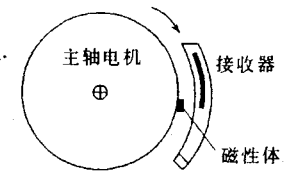


图 2-1-27 索引检测器

它是利用霍尔元件的特性制成。当磁性体转到接收器位置时,接收器将产生一个霍尔电势。通过放大器驱动,产生一个电平。由于磁性体很小,产生霍尔电势的时间只有 2～4μs,这样就产生了一脉宽只有 2～4μs 的索引脉冲信号。因此,3.5 英寸软盘片没有索引孔。索引周期由电机转速决定。

3. 写保护检测电路

写保护信号是软盘机提供给主机控制器的信号。它告诉主机,此时盘片已不能写入数据,保证盘片上的信息不丢失。另外,在有些软盘机中,写保护信号还提供给软盘机主轴电机控制电路,当插入盘片时,使主轴电机转几圈,以保证盘片充分定位在主轴中心。

5.25 英寸软盘机的写保护检测器是一光电耦合器,也有用微动开关的。软盘片的边缘有一缺口,当需要保留盘片上信息时将缺口封住。当盘片插入盘腔时,光敏耦合器中的光敏三极管接收不到红外光,光敏管截止,输出高电平。当需要写入信息时,缺口不封住,盘片插入盘腔时,光敏三极管导通,输出低电平,去控制写电路。

3.5 英寸软盘机用微动开关作为写保护检测器,盘片上有一拨动开关,当拨动开关拨下时,露出一方孔,微动开关触点不动,盘片处于写保护状态。当开关拨上时,方孔盖住,微动开关触点压下,盘片不写保护。电路控制方式与"00"道开关的控制方式一致。

4. "准备好"信号检测电路

"准备好"信号是告诉主机软盘机此时可正常工作。它的条件是:

(1) 软盘机已被选中;

(2) 盘片已插好;

(3) 门已关好;

(4) 主轴电机已转过了若干转,并有索引脉冲信号;

(5) 磁头小车已停留在 00 道 位置。

当主机控制器接收到"准备好"信号后,就可向软盘机输送各种信号。

1.2MB 容量的 5.25 英寸软盘机还设有盘片插入光电耦合检测器,这个耦合器安装在软盘机底座上靠近盘腔的后部。光电耦合原理与"00"道开关一致。

3.5 英寸软盘机有一盘片插入(Disk in)微动开关。与写保护微动开关联成一体。当盘片插入时微动开关触点按下,控制电路送出一个电平至主控电路,使主轴电机旋转。此时,软盘机处于"准备好"状态。

5. 高/低密度信号检测电路

这是 3.5 英寸软盘机特有的。按用户需要,当要求使用低密度盘片时,软盘机工作在低密度状态;当使用高密度盘片时,软盘机工作在高密度状态。高/低密度盘片检测器担当了这个识别工作。这个检测器是一微动开关。当高密度盘片插入,由于盘片在左下角有一方孔,微动开关触点不闭合。开关送出的信号状态不变,软盘机处于高密度状态;当低密度盘片插入时,由于没有方孔,因此,触点闭合,送出一个变化的电平信号。此信号送到软盘机的主控电路,使软盘机处于低密度状态。

思考题：

1. 简述软盘机功能。
2. 简述写电路原理。

第二章　常用软盘机介绍

目前，我国使用的微型计算机型号较多，有 IBM PC/XT、AT；长城 0520A，长城 0520CH，HP；COMPAQ；EPSON；ERGO/286，ERGO/386 等。它们均使用具有标准接口的 5.25 英寸、3.5 英寸软盘机。常用的 5.25 英寸软盘机有日本 TEAC 公司的 FD-55 系列型，日本松下公司 JA455 型等等。常用的 3.5 英寸软盘机有 TEAC 公司的 FD-235HF 系列，三菱公司的 MF-355-213U，松下通信公司的 JU-253/257，埃普森公司的 SMD-300；索尼公司的 MFD-17W-02 等。

表 2-2-1 是 5.25 英寸软盘机的主要性能介绍。

表 2-2-2 是 3.5 英寸软盘机的主要性能介绍。

本节介绍二种型式的软盘机。

表 2-2-1　5.25 英寸软盘机规格

机　种	SA450 型	YD-580 型	YD-380 型	FD-55B	FD-55G
存储容量(千字节/盘片)					
未格式化	437.5	500	1604	500	1604
格式化	322.6	327.6	1262	327.6	1262
传送速度(千位/秒)	250	250	500	250	500
记录密度(位/英寸)	2581	5876	9646	5876	9646
磁道密度(TPI)	48	48	96	48	96
圆柱面数	35	40	77	40	77
磁道数	70	80	154	80	154
记录方式	MFM,FM	MFM,FM	MFM(FM)	MFM,(FM)	MFM(FM)
旋转速度(r/min)	300	300	360	300	360
存取时间(ms)					
道-道	25	5	3	5	3
稳定时间	15	15	15	15	15
平均存取时间	298	81	91	81	91
磁头加载时间(ms)	50	50	50	无	无
电源(V_{DC})	+12 +5	+12 +5	+12 +5	+12 +5	+12 +5
功耗(W)	1.5	11	11	5.8	5.8
错误率					
软出错率	10^{-8}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
硬出错率	10^{-11}	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}	10^{-12}
寻道出错率	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}

表 2-2-2　3.5 英寸软盘机性能表

厂　名	TEAC	SDNY	EPSON	松下	ERGO	三菱
型　号	FD-235HF	MFD-17W-02	SMD-300	JU-257	MD-21	MF355C-213U
存储容量(千字节/盘片)	FM			MFM		
未格式化	1000			2000		
格式化	737.28			147456		
最大记录密度(BPI)	8717			17434		
道密度(TPI)	135					
磁道数	160					
数据传送速度(千位/秒)	FM			MFM		
	250			500		
转速(r/min)	300					
平均等待时间(ms)	100					
道-道(ms)	3					
稳定时间(ms)	15					
平均存取时间(ms)	91					
启动时间(s)	小于 0.5					
电源(V_{CC})	+5					
磁头定位方式	滚针丝杠					
功耗(W)	小于 4					

第一节　FD-55 型软盘机介绍

FD-55 型软盘机是日本 TEAC 公司的系列产品。从 FD-55A 到 FD-55G，机械结构基本一致，电路结构，依容量的增加使功能改变。电原理图见附录 B。

电路控制由读/写电路、控制电路和主轴电机伺服电路三部分组成。读 / 写电路和控制电路安装在同一块印制电路板上。主轴电机伺服电路与主轴电机组装在另一块印制电路板上。

读写电路包括模式选择、读电路、写电路和低电压检测。这些功能由 U5 集成电路完成(见附录 B)。U5 的型号依机型不同而不同。U5 的功能框图如图 2-2-1 所示。外围电路由图中方框说明。

读电路由磁头选择开关、前置放大、低通滤波、微分放大、峰值检测、时域滤波和读数据输出组成。

模式选择电路由一个开关滤波器和写电流开关组成。它仅仅在使用 96TPI 盘片时起作用。模式选择由控制集成电路 U3 中的磁道开关 SF 来控制。

写电路由写控制逻辑、写电流源、写驱动、抹驱动等组成。

低电压检测电路是当电源电压处于不稳定状态时为防止软盘机的误动作而设置的。由 U5-32 脚送出 LVS 信号至各控制电路。

控制电路由驱动器选择电路、LED 和磁头加载控制电路、写/抹控制、马达启动、准备完成检测器、步进电机控制电路、磁道计数器、盘片改变信号、接口驱动器组成。U3 的内部控制框图如图 2-2-2 所示。

Retro Worksh
果粉工作室

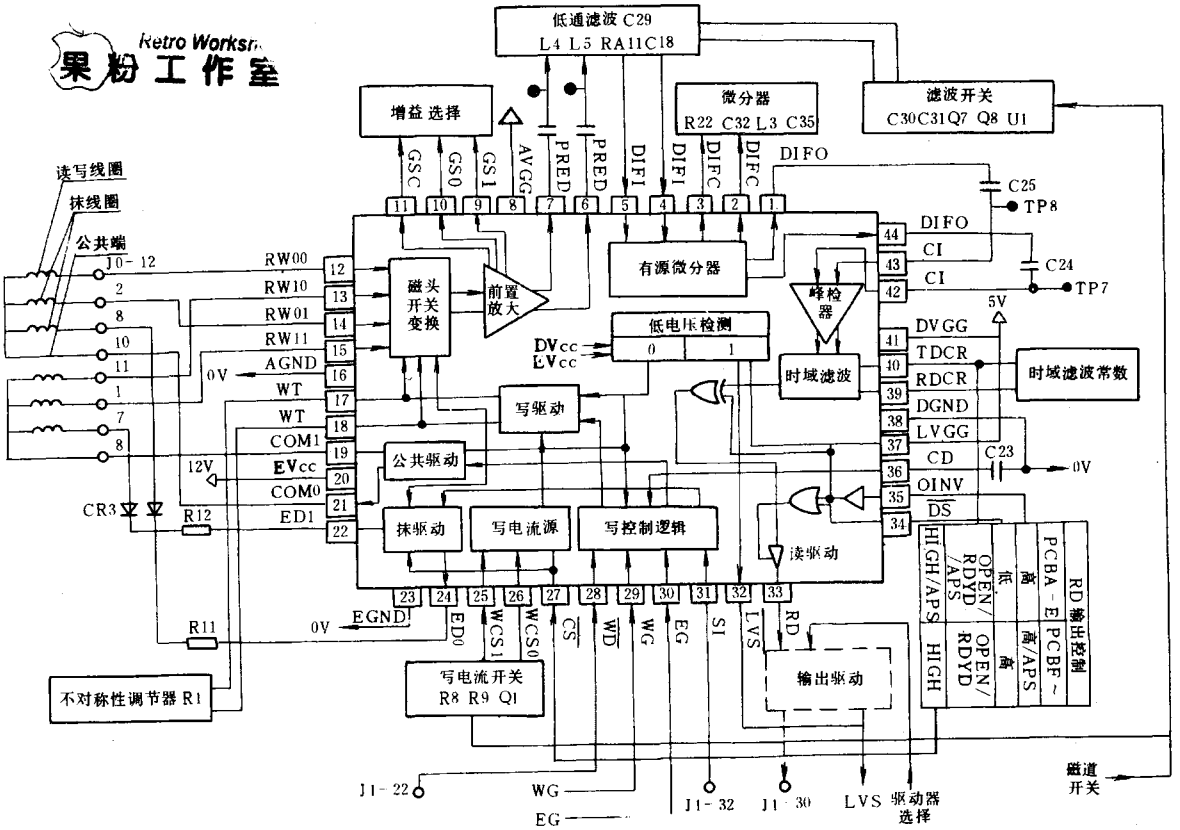


图 2-2-1　U5 的功能框图

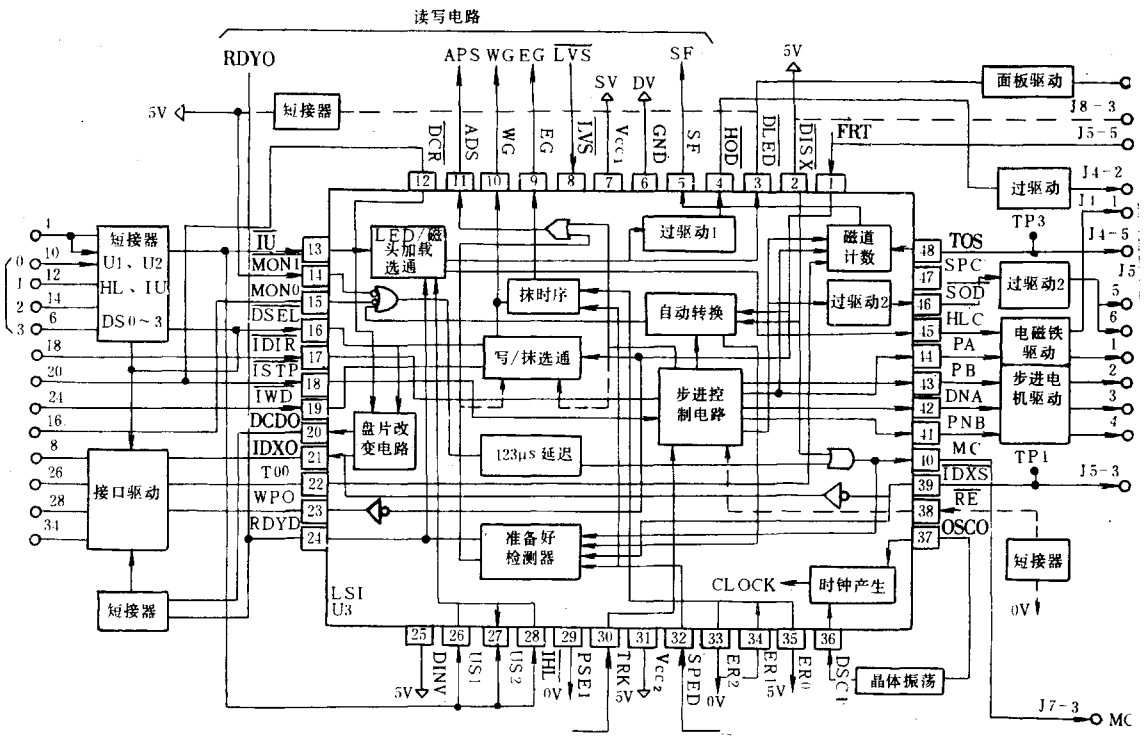


图 2-2-2　U3 的内部控制框图

驱动器选择电路根据 DS0、DS1、DS2、DS3 中任一信号为低电平来确定软盘机的设备号。这个信号送至 U3-16 脚。

LED 和磁头加载控制电路中 LED 信号去驱动面板指示灯，当驱动器被选中，面板指示灯亮，当读/写时，磁头加载。

写/抹控制电路由写/抹选通和抹延时电路组成。

马达启动控制电路受接口信号“马达启动”控制，经 123μs 延迟，与盘片插入信号相与，去驱动主轴马达旋转。

准备完成检测器当检测到主轴马达转速达到正常转速的 50%时，索引信号到来，盘片插入时，输出“准备完成”信号至主机控制器。

步进马达控制电路由“方向”锁存器，内部步进脉冲分配器、移位寄存器等组成。

磁道计数器寄存了磁道位置，并输出磁道开关信号到读写电路。这是因为，当磁头在 43 道以上磁道时，读写电路的写电流、滤波电路都作相应改变，这个电路还输出 00 道信号至主机控制器。在 00～43 道时，SF 信号为高电平；在 44～79 道时，SF 信号为低电平。

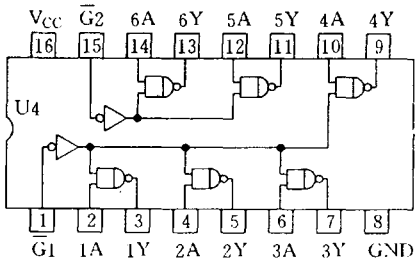


图 2-2-3　M52803 的结构框图

盘片改变信号送到主机控制器。它表明一张盘片已插入到盘腔内。这个信号是由安装在机座上的盘片检测器检测的。

U4 是软盘机内各种信号送入主机控制器的驱动电路，又称接口驱动电路。低密度软盘机多用 TTL7438，高密度软盘机多用 M52803 或相当的电路。M52803 的结构框图如图 2-2-3 所示。

U7 是 NPN 晶体管阵列集成电路。它驱动面板指示灯，接收 U3 的步进控制信号去驱动步进电机。内部结构框图如图 2-2-4 所示。

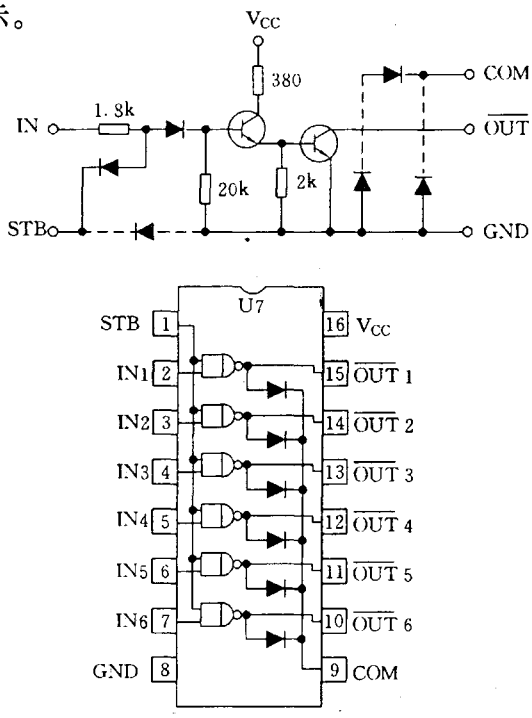


图 2-2-4　U7 的内部结构框图

第二节　MD-21 型 3.5 英寸软盘机介绍

MD-21 型 3.5 英寸软盘机与 5.25 英寸软盘机完全兼容。而且容量更大，体积更小。功能框图见图 2-2-5，电原理图见附录 A。

它的工作过程如下：

当主机发出选择信号，软盘机被选中；主轴马达启动产生索引信号；磁头停留在 00 道信号；此时，软盘机输出“准备完成”信号给主机控制器。若要写入数据，则需判断此时软盘机是否为写保护，若没有则发出写选通、写数据信号向盘片存入信息。当要从盘片取出信息时，软盘机就处于读状态，将读数据送入主机控制器。

MD-21 软盘机具有以下特点：

(1) 采用大规模集成电路。整个电路主要采用三块集成电路，这大大降低了功耗，提高了可靠性。

(2) 具有盘片弹出缓冲器，一方面避免开门时盘片弹射出盘腔，另一方面使磁头缓慢加载，以免损伤盘片。

(3) 具有盘片插入主轴自转功能，使盘片精确地定位于主轴中心上。

(4) 元器件安装全部采用扁平封装。减少整机重量和体积。

(5) 盘片插入、写保护、高/低密度检测器均采用微动开关。

(6) 与主机控制器联接采用 34 芯针状横插式插座，如图 2-2-6 所示。

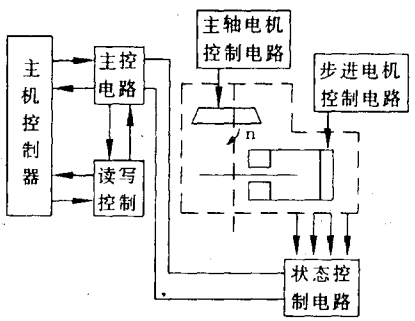


图 2-2-5　功能框图

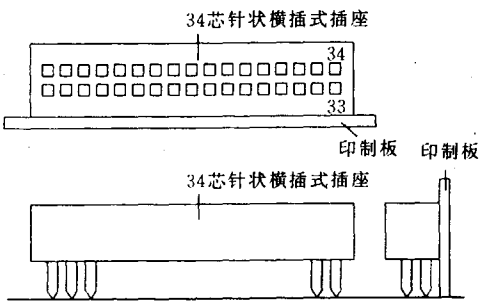


图 2-2-6　34 芯针状横插式插座

在电原理图中，P1 为主机控制器相联的 34 芯插座。它的信号线名称列于表 2-2-3。

表 2-2-3　MD-21 型 3.5 英寸软盘机信号线名称

名　称	输出/输入	引　脚　号	
		信号	0V
高低密度信号 HLD	输出/输出	2	1
空		4	3
软盘机选择信号/DS3(03)	输出	6	5
索引信号 INDEX	输出	8	7
软盘机选择信号/DS0(00)	输入	10	9

续表

名　称	输出/输入	引　脚　号	
		信号	0V
软盘机选择信号/DS1(01)	输入	12	11
软盘机选择信号/DS2(02)	输入	14	13
马达启动 MON	输入	16	15
步进电机运动方向 DIR	输入	18	17
步进脉冲/STEP	输入	20	19
写数据 WRDATA	输入	22	21
写允许 WRGATE	输入	24	23
00道　TR00	输出	26	25
写保护　WP	输出	28	27
读数据 RDDATA	输出	30	29
上、下磁头选择 SIDE	输入	32	31
盘片改变 DISK C	输出	34	33

各信号线功能介绍如下：

(1) HLD —— 高/低密度信号。低电平为低密度使用状态，高电平为高密度使用状态。MD-21 型软盘机可以由软盘机告诉主机控制器为何种工作状态。也可由主机命令软盘机为何种工作状态。

(2) /DS3、/DS2、/DS1、/DS0——软盘机选择信号。DS3、DS2 为空线。即不使用。只有 DS1，DS0 具有软盘机选择功能。当 DS1 或 DS0 中任一信号为低电平，则软盘机被主机选择为 1 号或 0 号设备使用。

(3) INDEX —— 索引信号。盘片每转一圈输出一个索引脉冲。脉冲周期由主轴电机速度决定。MD-21 软盘机转速为 300r/min，因此，脉冲周期为 200ms。

(4) MON —— 马达启动信号。此信号为低电平时，启动主轴电机旋转。

(5) DIR —— 步进电机运动方向信号。高电平时向外磁道方向运动，低电平时，向内磁道方向运动。

(6) /STEP —— 步进脉冲信号。由主机控制器送至软盘机。

(7) WRDATA —— 写数据信号。由主机控制器送至软盘机。

(8) WRGATE —— 写允许信号。低电平时允许数据写入盘片。由主机控制器送至软盘机。

(9) TR00 —— 00 道信号。低电平时表明磁头已在 00 道位置。由软盘机送给主机控制器。

(10) WP —— 写保护信号。低电平时禁止数据写入。由软盘机送至主机控制器。

(11) RDDATA —— 读数据。由软盘机送给主机控制器。

(12) SIDE ——上、下磁头选择信号。低电平时选择上磁头，高电平时选择下磁头。

(13) DISK C —— 盘片改变信号。只要有盘片插入此信号线为低电平。

软盘机就是通过这些控制信号与主机交换信息，从而达到从盘片上存取数据的目的。

具体电路分析如下(见附录 A):

U1 是整个电路的主控制电路。它接收主机控制器信号去控制软盘机电路的各个部分,又接收软盘机各种信号送至主机控制器。它由步进马达控制、磁道计数、主轴马达控制、索引脉冲发生器、读/写 IC 控制、上下磁头选择、00 道发生器、盘片改变标志、面板指示灯驱动、模式选择、电源自举电路组成。功能框图如图 2-2-7 所示,外围电路 X1 是晶体振荡器,主振频率为 3.58MHz,向 U1 提供主振频率。

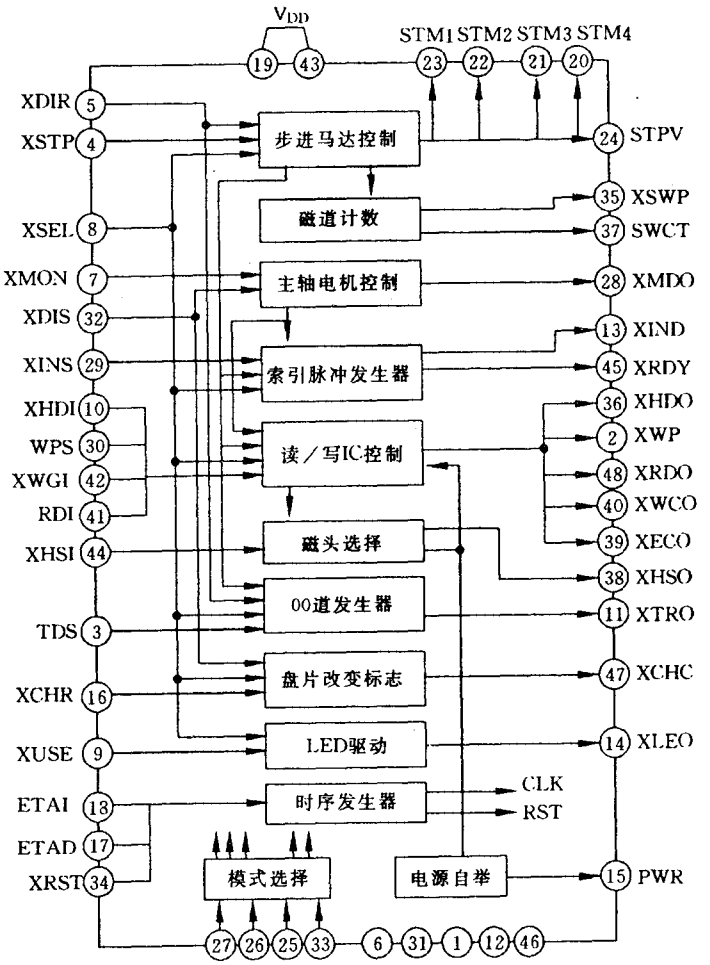


图 2-2-7 U1 的功能框图

P5 为电源插座。C1, L1, C2 为电源滤波。Q3 与 R4 组成了一电源开关。当电源提供的电压不正常时,U1-15 输出一个低电平,通过两只并联 74HTC05、Q3 基极得到一个高电平,Q3 截止,切断 +5V(A)电源,不向电路中提供 +5V(A)电源。C4,C8 为滤波电容。

GP1556 为 00 道开关,当小车在 00 道时, GP1556-3 脚输出高电平至 U1-3 脚。U1-11 脚送至主机控制器。

SP 为软盘机控制电路与主轴电机控制电路之间联接插座。有 8 条信号线。它的功能介绍如下:

WRPRT —— 写保护信号。通过主轴电机控制板上的微动开关作用。当盘片写保护时,此信号为高电平,送入 U1-30 脚, 去控制芯片内部电路并送至接口。

P-GND —— 接地。

DISK IN —— 盘片插入信号。通过主轴电机控制板上微动开关作用。当此信号为低电平时，这个信号送入 U1-32 脚，表明盘片已插入盘腔。

LED —— 面板指示灯驱动线。这是 U1-14 脚的输出，通过这条信号线去驱动面扳指示灯亮。

HD —— 高密度信号。通过主轴电机控制板上微动开关作用。当插入高密度盘片时，此信号线为高电平，通过 U4A(74HC05)反向送至 U1-10 脚。又由 U1-36 脚输出至读/写电路。使软盘机工作在高密度状态。

+5V(P) —— +5V 电源。向主轴电机控制电路提供电源。

INDEX —— 索引脉冲信号。由主轴电机控制电路提供。

START —— 马达启动信号。此信号由 U1-28 脚送出低电平，使主轴电机以 300r/min 速度旋转。

U2(HA13421)是步进电机控制电路。步进脉冲由 U1-22、23 输出至 HA13421-7、12 脚。又由 13421-16、17、2、3 脚输出至步进电机。U1-24 脚输出低电平时，通过 D5 下拉电压，使 HA13421-13 脚为低电平，此时，HA13421 电路输出低电压，降低电机功耗。内部电路如图 2-2-8 所示。

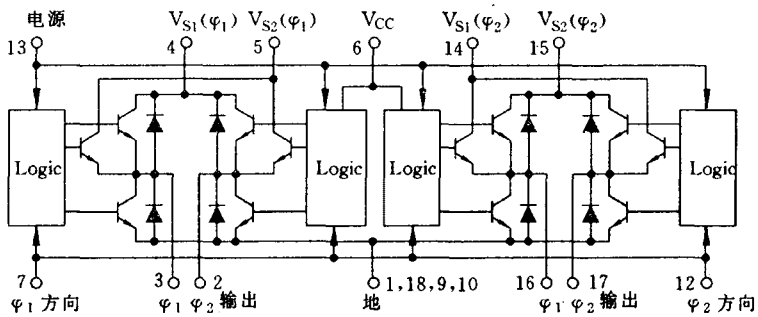


图 2-2-8 HA13421 电路图

U1-35、36、37、38、39、40 以及写数据信号送至读写控制 U3。U3 结构方框图如图 2-2-9 所示。

U3-22、23、24、25 脚输入/输出读/写信号至磁头。

U3-26、27 脚与抹磁头线圈相联。

U3-19、20 脚外接 L4、C7、R5。这是微分电路中频带设定用微分常数。

U3-17、16 脚外接电路由 μPC4572(比较器)、4066(双向开关)及电阻、电容、电感组成有源滤波电路。当 U5C 和 U5D 的 C 端为高电平时，它们的 AB 端相当于短路。因此，当高密度信号来，或滤波器开关为低电平时(磁头在内磁道读)，通过 U4E、U4F(74HC05)的反向，U5C 和 U5D 的 C 端为高电平，电容 C14 与 C13 并联，C15 和 C17 并联。改变了滤波器的滤波参数。由于数据记录的频率不变，记录在内道的数据相当拥挤，因此读数据的幅值受到影响。这些参数的变化起到了补偿幅度的作用。

U5B、U5A(4066)是双向开关。当内道、高密度时，输出低电平，R50、C22 、R51 不起作用。当外道、低密度状态时，R50、C22、R51 组成了一个滤波网络，外道低密度读出幅度较大 ，为了内外道读出幅度不要相差太大，这个滤波网络起到了衰减幅度的作用。

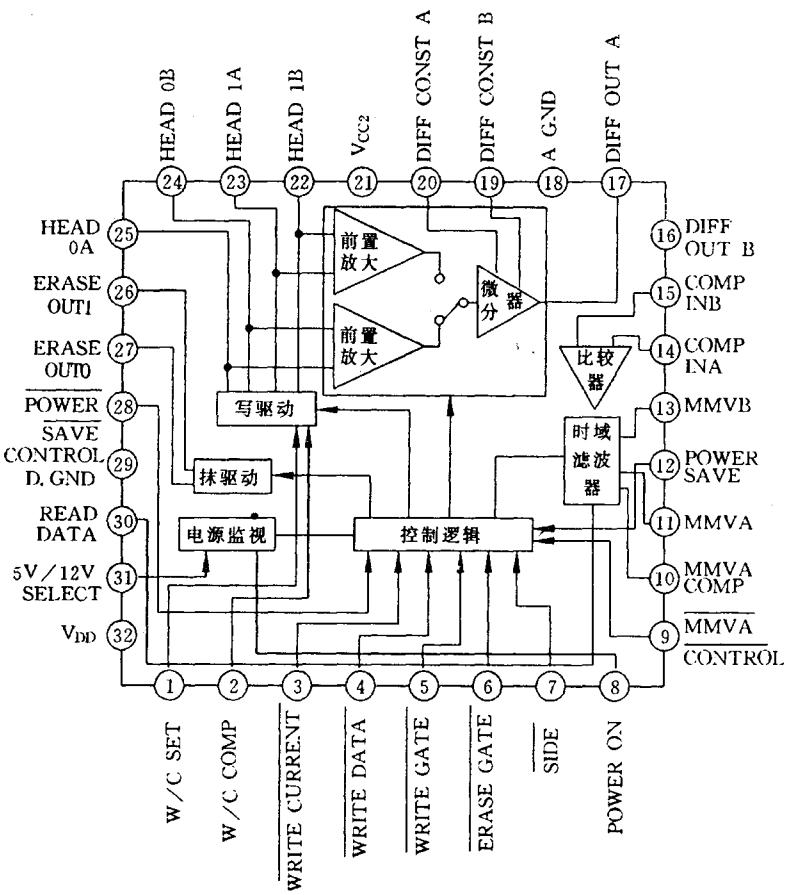


图 2-2-9　U3 的结构框图

U3-10、13 脚外接电阻 R9、R10、R11，组成了一个时域滤波器。这是读出电路的数字滤波器。可以消除外部噪声引起的尖脉冲干扰和再生输出的上冲引起的漏时钟。

Q2(SST113)为一结型场效应晶体管。它的特点是截止时呈现高阻抗，相当于开路。在这里作为电流开关。在内道、高密度状态，若写电流还是与外道时一样大小，势必造成数据拥挤，峰值偏移。因此，在内道或高密度状态，需要减少写电流。Q_2 的控制极受“高密度”信号控制。低电平时，Q_2 截止，呈现高阻抗，写电流由 R20 决定；低密度时，Q_2 导通，R22 与 R20 并联，写电流增加，写电流开关由 U3-1、2 脚送至其内部电路，以便向写电路提供写电流。

思考题：

1. 试画出 FD-55 型 5.25 英寸软盘机功能框图。

第三章　软盘机的使用和维修

第一节　使用维护的基本知识

一、环境

温度　　10 ~ 40℃
湿度　　20% ~ 80%
温度梯度　　20℃/h
最佳条件是：　温度　16 ~ 20℃
　　湿度　35% ~ 40%

盘片使用环境不好，容易使盘片发生霉变、磁粉脱落，轻则丢失信息，重则划伤磁头。环境灰尘太重，容易污染软盘机的光电器件，使其工作失效，引起软盘机工作失灵。

二、注意事项

1. 保护好软盘片，不要使其发霉、划伤。一旦出现上述情况，盘片就要禁止使用，以免划伤磁头，防止造成更大的故障。

2. 保护环境的清洁

因为 00 道、写保护、索引信号的检测都是通过光电检测电路而得到的，环境恶劣、灰尘太重时会使这些信号失灵，同样使软盘机不能正常工作。

3. 正确地联接

软盘机与软盘控制卡相联时，要注意信号电缆的联接方向(34 线)；有色标的为信号电缆起始端，依次为 1、2、3、4……34；必须与控制卡上的插座对应，不能接错。

电源电缆为 + 12V、地、+ 5V，也不能接错。

第二节　软盘机的维修方法

一、加电自检法

主机系统 ROM、BIOS 中有软盘驱动程序。每当加电后，主机进入 ROM 自检状态，检查各个设备的完好情况。

软盘机加电时，软盘驱动程序将磁盘机重新回到零磁道，并有选盘、寻道等动作；当其软盘机有故障时，喇叭会发出警告，显示器 CRT 上报“601 diskette Error”。

601 错的含义是软盘测试错，引导软盘失效，未包括软盘控制子系统。

根据加电时的故障现象，可以检查电缆的联接，控制卡的好坏；从而可很快地排除故障。

二、DOS 外部命令法

用 DOS 操作系统的命令，可以检查软盘机的读、写及互换性等故障。

如引导系统 DOS 可以检查软盘机读和互换性故障。一张装有 DOS 操作系统的软盘片插入软盘机中，如开机(加电时)，软盘机能正确地引导系统，说明该软盘机互换性、读是正确的，反之，则有故障。

如用 format A:或 format B:命令对软盘格式化，如成功，说明软盘机写电路正确，反之，则写有问题。

还有 DIR 命令，用来检查软盘机的读。Diskcopy 命令用来检查软盘机有读、写。全盘比较命令 Diskcomp 可以用来检查软盘机的读和互换性。

三、程序诊断法

IBM PC/AT、GW386、COMPAQ 等机随机都带有软盘机诊断程序项目，可以完成对软盘机转速、写功能等测试。测试结果，屏幕显示“60X”代码：

600 软盘测试成功
601 软盘测试错，引导软盘失败，未找到软盘控制子系统
602 软盘引导失败
603 软盘容量错，头选信号错或盘片格式化不好(指用诊断的空盘片)
606 软盘驱动器选择错
607 写操作时发现了写保护
608 软盘控制器收到的命令格式化有错
611 软盘操作超时
612 软盘控制器上有错
613 DMA 操作时控制信号变化或未收到 TC(TC 为 DMA 结束)
614 DMA 地址越界
621 坏的数据查找(读错或转速不稳)
622 CRC 校验错
623 记录未找到(读/寻道/转速)
624 坏的地址标志 (ID 错)
625 寻道有错
626 数据比较错(读/写/转速不好)
627 坏的索引信号

四、自编软件法

在主机 ROMBIOS 驱动程序中为软盘机提供了软中断 INT13。通过此中断，维修时可以直接控制软盘机完成找道、读/写、格式化方面的功能。否则置进位标志，并在寄存器中返回故障代码。

同时，对没有专用测试仪器的人，自编软件可以用来代替仪器，对软盘机进行维修。特别是对有的软盘读/写、校准等。现把自编软件的方法和例子作简单说明。以 5.25 英寸 360KB 软盘机为例说明。

软盘机 I/O 中断调用

INT13　　AH = 0　　软盘机复位

口地址　　读磁盘状态

FEC59　　AH = 1　　AL 包含磁盘最后操作状态

AH = 2　　读扇区　　将指定扇区的内容读入缓冲区

AH = 3　　写扇区　　将指定缓冲区的内容写入扇区

AH = 4　　校验扇区　　校验指定扇区

在 AH = 2,3,4 中，输入参数：

DL = 驱动器号(0 ~ 3)

DH = 磁头号(0 ~ 1)

CL = 扇区号(1 ~ 8)

AL = 扇区个数

EX:BX = 缓冲区首地址

输出参数：

AH = 磁盘操作状态

CY = 0　　成功

CY = 1　　错误

AL 包含实际读的扇区个数

AH = 5　　格式化磁道

输入参数：

DL,DH,CH 同 AH = 2,3,4

ES:BX 指向该磁道上指定地址字段的集合：

C = 磁道号

H = 磁头号

R = 扇区号

N = 字节数/区

(00 = 128，01 = 256，10 = 512，11 = 1024)

输出参数：

格式指定的磁道，连每个扇区标志——地址字段集合(C,H,R,N)，用于在读/写访问期间，扇区的定位。

AH 返回操作状态

CY = 0　　成功

CY = 1　　错误

如猫眼校准程序：

把 DK502-1 猫眼盘 (CE 盘)放在待校正的 B(或 A)驱动器中，在软盘 A 中调用 Debug.com 程序，然后调整：

```
A > DEBUG.COM
-A
XXXX:0 MOV AX,0401      AH = 4 校验，AL = 01 扇区数
XXXX:3 MOV CX,1000      CH = 磁道号 = 16D，CL = 扇区号
```

XXXX:6 MOV DX,0001	DH = 0 磁头，DL = 01，B 驱动器
XXXX:9 INT13	调用软盘中断
XXXX:B MOV AH = 1	INT16 为键盘调用，AH = 1 判键盘符
XXXX:D INT16	
XXXX:F JZ0	ZF = 1　无码可读
	ZF = 0　有码可读，可读的字符在 AX 中；JZ 为跳转指令，若为 0 则跳前 0 条，即重复执行。此条指令加前一条，只要不敲键盘则程序循环，可以用示波器观察猫眼波形，同时，进行磁头方位角、径向位置的校准。

五、专用仪器法

维修用的专用仪器不要求功能很完善，只要模拟一个磁盘机的找道，读/写的运行环境即可。有了三种功能的仪器就可以对软盘机进行维修和调整。有的单位进口了一些软磁盘机测试仪，但那是作为批量生产检测用的，维修使用起来反而不便。有的单位做了些仪器，功能虽然全，但也是没有必要；比较适用的仪器是操作简单、方便；不要求什么都测，只要求有读/写，找道功能即可，因为三者正常，即反映了软磁盘机的全貌了。

推荐中磁外设公司生产的软盘机测试仪和硬盘机测试仪。

专用仪器的使用，请见有关说明。不在此叙述。

第三节　5.25 英寸软盘机维修举例

软盘机维修方法多种多样，本节介绍用软盘测试仪维修的方法。

一、稳速电路故障

以 TM-100 型 5.25 英寸软盘机电机飞速故障为例。

电机飞速，这种故障多出自主轴电机控制电路中的速度调节电路。

怎样判别主轴电机的转速是否正常，可用示波器测试索引信号周期来判定。也可自制一个测速标盘，如图 2-3-1 所示。贴在主轴电机上。在 50Hz 日光灯下，看内图条纹，在 5 秒之内不移动一个条纹的距离，速度属正常。

检修流程图如图 2-3-2 所示。

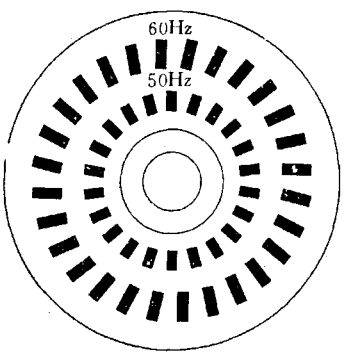
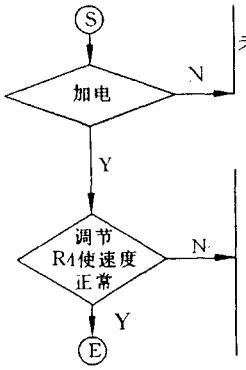


图 2-3-1　测速标盘



考虑到本例故障电机飞速旋转。电源肯定已加至电机上，因此不考虑电源问题。

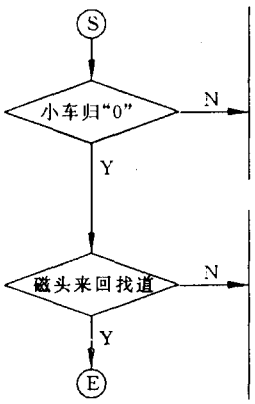
1. 检查 Q2、Q1 各级电位是否正常(电路图参见图 2-1-23)。
2. 检查 LM2917 专用控制芯片的 11 脚或 1 脚。用示波器检查有无测速信号输出。若有，人为给主轴电机施加阻力，检测 LM2917-8 脚，输出电平应有变化。若无变化，则判定 LM2917 芯片损坏。若无测速信号输出，则判定主轴电机坏。
3. C5 开路。

图 2-3-2　检修流程图

此例故障结果为 LM2917 损坏，调换 LM2917，电机转速正常。

二、磁头小车定位故障

定位电路故障，主要表现为磁头小车不动，只能前进或只能后退、跳步等现象。检查定位电路流程图见图 2-3-3。



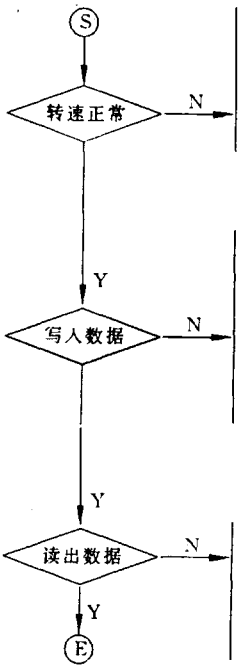
1. 有否电源电压提供。
2. 用手拨动小车，使其退回到 00 道(使小车上的遮光板插入遮光槽内)。用示波器检查或用万用表检查 00 道开关输出端电平跳变吗？若无，判定 00 道开关坏。
3. 检查步进电机 00 道相位，参看表 2-1-5。

1. 用练习仪发自动步进脉冲命令，再检查步进电机相位分配电路各相脉冲是否正常。
2. 写电路正常吗？当软盘机处于"写"状态时，步进电机控制电路受"写允许"信号控制，禁止步进电机工作。因此当写电路不正常时，即处于常写状态，步进电机不工作。

图 2-3-3　检查定位电路流程图

三、读/写电路故障

读/写电路故障多表现为读不出盘片上的信息或不能进行格式化。检测流程图如图 2-3-4 所示。



1. 检查主轴电机控制电路。方法参考本节一小节所述。

1. 写保护开关是否正常。把盘片插入盘腔，写保护光电开关应有跳变。
2. “写允许”信号是否正常？检查各级电路。
3. 写数据在磁头读/写线圈上的波形是否正常？检查读/写线圈有否短路、断路、磁芯有否断裂？

1. 磁头脏。用酒精棉球轻擦磁头，特别是上磁头。
2. 读出电路各级波形是否正常，应逐级检查。

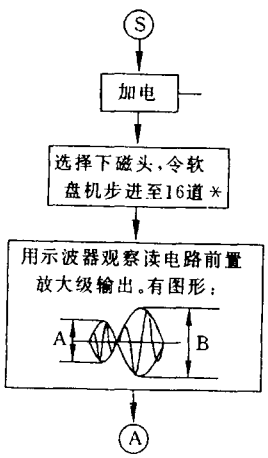
图 2-3-4　检测流程图

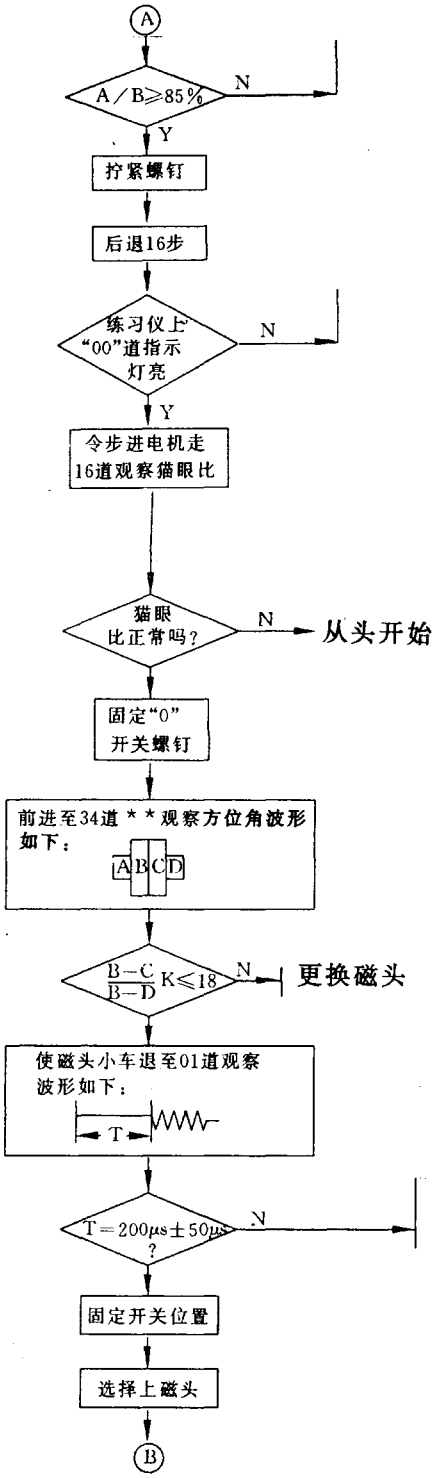
一台软盘机经过上述几部分的检查和修理，都属正常的话，那么这台软盘机的读/写功能是正常的。只有经过互换性检查，它的测试指标全部符合要求，才算是真正合格的软盘机。

四、互换性调整

一台软盘机如果没有互换性或互换性差，则不能与其他盘片交换信息。因此，互换性是衡量软盘机正常与否的重要指标之一。软盘机的互换性是可以调整的。在软盘机读/写功能正常、步进电机工作正常、主轴电机工作正常，写保护功能正常的情况下，就可进行互换性调整。互换性调整必须使用专用校准盘片，又称 CE 盘片(Customer Engineer Disk 用户工程师盘片)。用练习仪操作，通过示波器观察猫眼信号和方位角信号的波形，调整步骤流程图如图 2-3-5 所示。

* 猫眼波形对于 360KB 容量的软驱在 16 道，对于 1.2MB 容量的软驱在 32 道，对于 3.5 英寸的软驱在 40 道。



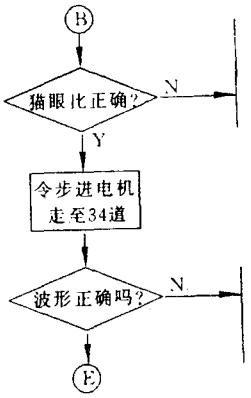


拧松步进电机安装螺钉，使步进电机在径向方向有微小移动，直至猫眼比正常

移动00道开关位置，使步进电机归0时，00道指示灯亮。

＊＊ 方位角波形，对于360KB为34道，1.2MB为68道，3.5英寸为40道。

移动索引光电开关位置，观察示波器上的波形，使其符合标准。



拧松固定上磁头二只螺钉，移动磁头，观察波形使其符合标准值。

将磁头在磁道圆周的切向位置移动。使图形符合标准值。注意：需反复调整猫眼值，直至正确为止。

图 2-3-5　流程图

到此为止，一台软盘机的互换性已调好。互换性调整需要耐心、细致，不能马虎从事。

第四节　3.5 英寸软盘机的维修及故障举例

3.5 英寸软盘机的故障通常表现在不能正常读或写。检查这类故障，可用 5. 25 英寸的软盘练习仪。只要在 34 芯接口电缆上，再压上一只 3.5 英寸软盘机的 34 芯插座即可使用。检查维修步骤可参考 5.25 英寸软盘机维修步骤。下面分故障类别介绍几种故障及维修。

一、读/写电路故障

3.5 英寸软盘机读/写电路故障，主要表现在读不出数据或写不进数据。这时应首先分清是互换性不好还是读/写电路故障。在软盘机上作一个“格式化”。如果格式化完成，系统能引导，则属于互换性问题，按互换性调整步骤调整。如果不行，可用练习仪来分析故障。

例 1　MD-21 型软盘机写电路故障。

故障表现为联机时能读出数据，但不能格式化。考虑到此机能读出数据，磁头及读电路是正常的。用练习仪检查写电路。由于本例软盘机读/ 写电路为一集成电路(见图 2-1-14)，因此，从附录 A 的 U3 的方框图中得到各引脚信号，测各脚电平。其中 U3-5 脚在写状态时，电平为高。这是“写选通”信号，有效时为低电平。这个信号是从 U1-40 脚送出，此时 U1-40 脚也为高电平。U1-40 输出在芯片内部受写保护、选择信号等影响，因此，需检查这些信号的输入电平。检查结果：写保护信号为低电平。检查主轴电机控制板上写保护微动开关，发现此微动开关失锁，更换此开关，写保护信号输入电平为高，U1-40 脚输出电平为低。写电路功能恢复正常。注意：此微动开关是与“盘片插入”微动开关联在一起，更换时，须一齐更换。

例 2　NEC-HA 1138H 软盘机读/写线圈开路。

故障现象为软盘机不能进行“格式化”，且读不出数据。脱机后，用练习仪对软盘机检查：主轴转速正常、寻道功能正常，对下磁头写入数据，然后读，没有正常读数据波形。用万用表测读/写线圈应有几欧姆电阻，但此时电阻无穷大 ，说明线圈开路。由于磁头的读/写线圈安装在磁头内部，修复几乎是不可能。只有更换上磁头才能恢复正常功能。

例 3　SONY-17W-02 软盘机主控芯片坏。

本例故障现象与上例 1 相同。只是检查到主控芯片 CXA8002Q-56 脚在写状态时为高电平，此信号来自 CXA002Q-10 脚，检查此脚号为高电平，这是一个写保护信号，为错误输出，因此判定 CXA8002Q 已损坏。掉换 CXA8002Q，故障排除。

二、磁头定位故障

磁头定位故障，主要表现为磁头小车不能正确找道或不能找道。由于 3.5 英寸软盘机的磁头定位电路通常用 HA13421 集成电路来完成，HA13421 又受控于主控电路，因此，应分别检查这类电路及步进电机。

例 4　TEAC-235HF 软盘机电机机械结构变形。

本例故障表现为软盘机读不出数据。用练习仪检查，主轴转速正常、读/写功能正常，判定此故障出在定位系统上。用练习仪命令磁头找道时，磁头小车不动。检查 HA13421-16、17、2、3 脚，输出波形正常，如图 2-3-6 所示。

而步进电机却发出轻微“嗡嗡”声，这说明步进电机已接收了步进脉冲信号，好像什么东西卡住不能动。此故障出在步进电机本身。分析步进电机安装结构如图 2-3-7 所示。

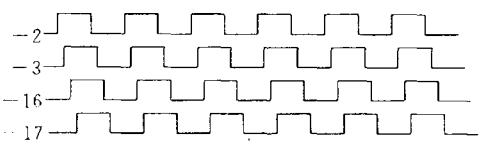


图 2-3-6　输出波形

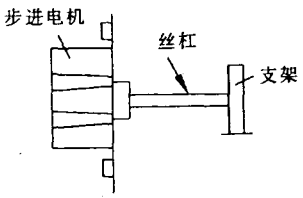


图 2-3-7　步进电机安装结构

电机的转子与丝杠做成一体，定子与外壳做成一体。当转子转动时，丝杠也随着转动。若丝杠与支架的接触点平衡度差，丝杠长期转动后，造成变形。使得转动力矩不足以驱动丝杠转动，导致磁头小车不动。此故障的解决办法是更换步进电机或修正丝杠变形，使丝杠能正常转动。

例 5　MD-21 软盘机磁头小车不能找道。

联机表现与上例一样。用练习仪检查主轴电机，读/写均正常。向软盘机发步进脉冲，小车不走。用示波器检查 U1-22,23,24 脚，U1-22,23 脚有步进脉冲，24 脚无输出脉冲。从 MD-21 的电原理图中可看出，U1-24 脚输出为 OC 门输出，HA13421-6 脚为 U1-24 脚的负载，OC 门无输出信号。因此查 HA13421 电路，HA13421-6 脚通过二只二极管降压应有 3V 以上电平，检查后没有电压，检查印制线路 HA13421-6 脚至二极管之间线路断路，将线路联通，磁头小车找道正常。

由于 3.5 英寸软盘机几乎不用分立元件，全部用集成电路。而各厂家生产的集成电路型号各一，集成电路内部框图又得不到。这时，需大致对印制电路分布有一大概的了解. 分清主控芯片、读/写芯片、步进控制芯片。然后仔细检查，以获得各信号间的相互关系。表 2-3-1 列出几种型号软盘机使用芯片情况。

表 2-3-1 软盘机使用芯片情况

公　司	软盘机型号	主控芯片型号	读/写芯片型号	步进驱动芯片型号
松下	JU-253-073P	9A416691	与主控芯片一体	HA13475
松下	JU-257-203P	FQL01010B41F1	1F2A16681	TA8529F
三菱	MF335C-213U	U262P079 9025KP	BA6580DK	LB1831
索尼	MFD-17W-02	CXA8002Q	与主控芯片一体	QB13421
TEAC	FD-235HF	T277701	BA6581	3479
EPSON	SMD-300	SF900CK	与主控芯片一体	BA13002F

三、互换性不好

软盘机互换性，是指相同类型的软盘机之间应能进行数据交换。若不能进行数据交换，则称为互换性不好。影响互换性有三大因素：径向位置、磁头方位角、索引定位时间。调整这些指标的参数，称为互换性调整。

与 5.25 英寸软盘机一样，互换性调整需要 CE 盘片。这张盘片上记录了三种特殊的信号。00 道上有索引定位信号，40 道有索引定位信号、猫眼信号、方位角信号。下面结合实例介绍如何校准 3.5 英寸软盘机的互换性。

例 6　TEAC 的 FD-235FH 软盘机不能读其他软盘机上写入的数据。

考虑到这台 软盘机只是不能读另外盘片上的数据，且能自身读/写。因此，判定这台软盘机互换性不好，用练习仪使磁头定位在 40 道 ，读状态；放入校准盘片，选择下磁头。从前置放大级的测试点上读出猫眼信号，如图 2-3-8 所示。a/b < 60%，这显然不符合标准值 a/b≥85%。

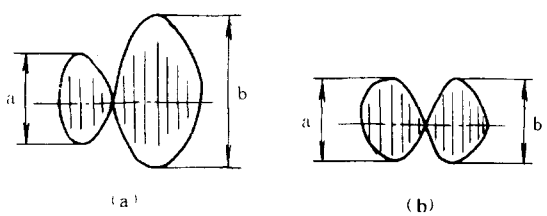


图 2-3-8　猫眼信号

(a) a/b < 60%　(b) a/b≥90%

调整方法是：松开固定步进电机的二只螺钉，一边转动步进电机外壳，一边观察示波器上的猫眼信号，直至调节到从示波器上看到的猫眼信号如图 2-3-8(b)所示，即 a/b≥90%，拧紧固定螺钉。再后退 40 道，也就是说让磁头退回在 00 道，观察示波器上波形，如图 2-3-9 所示。

T = 250μs，这个指标符合标准，这也说明此软盘机的 00 道开关位置准确 ，不需再调整。再令磁头小车走至 40 道，观察示波器上波形，如图 2-3-10 所示。

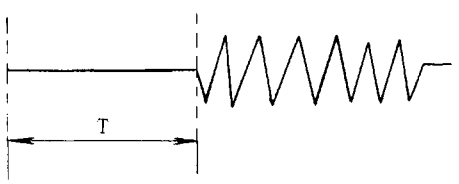


图 2-3-9　磁头退回 00 道的波形

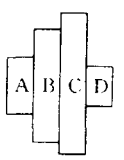


图 2-3-10　小车走至 40 道的波形

这个指标也符合标准。再选择上磁头，用以上方法检查猫眼信号、索引定位信号、磁头方位角信号，均符合标准值，那么这台软盘机的互换性已调好。联机检查功能正常，可读出另

外盘片上信息。

这里需特别指出，SONY 公司的 3.5 英寸软盘机的步进电机在不寻道时，电机处于不供电状态，因此在调径向偏差转动步进电机外壳，丝杠将不随着转动。一种方法是：可让磁头退至 00 道再找 40 道，每转动一次，退回 00 道一次，再找 40 道，直至径向偏差值即猫眼值符合要求为止。

另一种方法是：将步进电机固定螺钉拧松，使弹簧垫片松弛。步进电机会向外微微弹出，使丝杠顶端的滚动轴承不顶住支架，这时转动步进电机外壳，丝杠将随之转动。当径向位置调整好后，立即使步进电机安装到位。

例 7　SONY-MFD-17W-02 软盘机索引孔位置偏差。

3.5 英寸软盘机的索引信号是通过主轴电机上的霍尔元件产生的。霍尔元件接收器的安装位置偏差，就是索引孔位置偏差。此软盘机的索引孔位置偏差值，如图 2-3-11 所示。$t = 20\mu s$ 显然不符合标准值 $t = 200\mu s$。

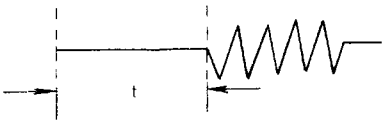


图 2-3-11　索引孔位置偏差

调整方法是：在主轴电机旁边有一霍尔信号接收器，它安装在一个支架上。松开固定支架的螺钉，沿着主轴电机圆周逆时针或顺时针转动，就可将时间 t 改变，当 $t = 200\mu s \pm 50\mu s$ 时，将支架固定螺钉拧紧。

这样调整以后的软盘机便能与其他软盘机交换信息。

绝大多数的 3.5 英寸软盘机的索引时间调整如上例一样。但也有用电位器来调整时间参数的。应该与调整速度的电位器相区别。

思考题：

1. 简述盘片维护要点。
2. 画测速标盘。
3. 简述调整互换性的步骤。
4. 维修实例分析。

一台 FD-55B 型 5.25 英寸软盘机出错现象为：

(1)步进电机不会后退；

(2)盘片插入后不能格式化，但能读出盘片上信息。

请分析故障，并指出可能是哪个部件损坏。

第三篇　硬盘机

第一章　硬盘机原理

第一节　硬盘机的组成和分类

一、硬盘机的组成

硬盘机主要由磁盘控制器(DSC)、头盘组件(HDA),印制电路板(PCBA)三大部分组成,如图 3-1-1 所示。

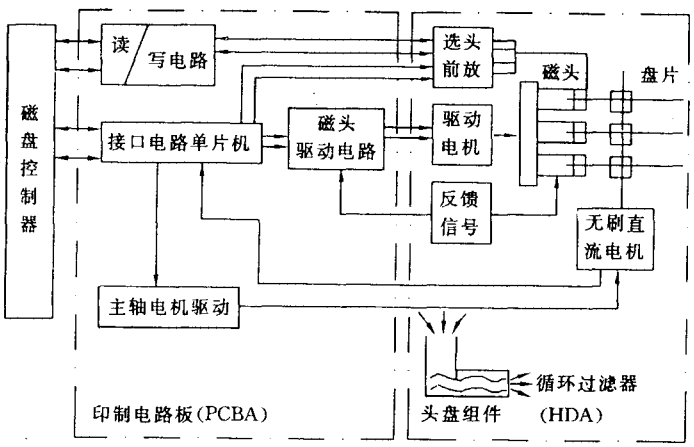


图 3-1-1　硬盘机组成框图

1.磁盘控制器(DSC)

5.25 英寸的磁盘控制器是和硬盘机分开的,称为磁盘控制卡,常用 MFM 制和 2.7RLL 码两种;每一种盘卡与主机联接时,必须与之对应。3.5 英寸硬盘机的控制器与硬盘机的 PCBA 做成一体了,于是从硬盘机上输出的不是 MFM 或 2.7 RLL 脉冲而是分离好的数据。

2.头盘组件(HDA)

磁头、盘片,前置放大器等密封在一个腔体内称为头盘组件,简称 HDA,其包括:

(1) 磁头组件　由磁头、梳形结构的磁头安装臂、连接磁头线圈的挠性扁电缆等三部分组成。

(2) 磁头驱动机构　不同产品结构有所不同,有步进电机驱动、音圈电机驱动和力矩电机驱动。较小的低档硬盘机采用步进电机驱动,高档、高容量硬盘机采用音圈电机驱动。

(3) 盘片及其驱动机构　硬盘机盘片驱动,大多采用直流无刷电机。盘片安装在直流无刷电机枢轴上,消除了传动误差。

(4) 读前置放大电路　为了提高硬盘机的读/写可靠性,选头电路及读出信号前置放大器要尽量靠近磁头。因此,在 HDA 中,往往有专门安装硬盘机读/写专用大规模电路的小型印制电路组件,或组件直接安装在挠性电缆上。

(5) 循环过滤器　滤掉灰尘微粒,净化盘腔,保证磁盘机 HDA 的洁净度符合要求。

(6) 底座和上盖　HDA 的底座是铝镁合金压铸件,有足够的刚度。

(7) 其他附件　有些硬盘机 HDA 组件的外部还装有主轴电机刹车电磁铁和电磁式索引传感器。

3.印制电路板组件(PCBA)

印制电路板上包含硬盘机的定位、读/写、接口主轴电机伺服等电路。3.5 英寸硬盘机还包括有数据脉冲的合成或分离的控制电路。早期的硬盘机用了较多的分离元件。

近年来,大规模集成电路较普遍采用,例如读/写有专用芯片、接口专用芯片、伺服专用芯片。由于专用芯片的采用,片状电阻,片状电器小型元件的引入,使得印制电路板的结构小巧,可靠性大大提高。

磁头驱动电路接收硬盘控制器送来的串行脉冲和磁头方向信号,通过硬盘机内部单片机的处理及功率放大,驱动步进电机或音圈电机,使磁头移动到目标磁道上。在开环系统中,一个脉冲使步进电机前进一步,即对应一个磁道。在音圈电机定位闭环系统中,音圈电机移动的位置反馈信号送至伺服定位电子线路,使其不断作修正,以保证磁头精确地定位在目的磁道中心。

磁盘机稳速系统是依靠无刷直流电机内部的霍尔元件及外部电子线路组成的闭环系统,使盘片的转速始终保持较为稳定。

读/写部分。当写入时,由硬盘机控制器送来的数据,以 MFM 制或其他编码方式送入写电路,并通过选头电路中的磁头写在盘片上。读出时,被选头的线圈感应出的信号,经前放、中放、滤波、数字化处理,变成 MFM 或其他制式的数据脉冲,并送到控制器进行数据分离处理后送到主机。

二、硬盘机分类

1.按磁头定位控制方式分类

(1) 开环控制方式　其特征,使用步进电机来驱动和控制磁头的位置。这种机构寻找时间长 ,精度差,没有磁头的位置信息反馈,不能进行细微闭环调整磁头的位置。

(2) 半闭环控制方式　驱动装置仍用步进电机,找道时依靠步进脉冲,以开环方式由现行磁道快速移动到目的磁道。同时,要利用预先刻录在盘片上的伺服定位信号,对磁头位置作微量的闭环调整,保证磁头定位在磁道中心。这种定位方式将定位信息嵌在数据磁头特定区域。例如在索引信号前的一个区域,(如有 200μs 的区间) ,又称索引伺服方式。

(3) 闭环控制方式　依靠磁头或位置传感器测量磁头小车的位置信息,并及时反馈到控制线路,不断校正磁头的位置,使其最终保持在目的磁道中心。

驱动机构是音圈电机,因而有高的定位速度和高的定位精度。

闭环式磁头定位系统提供磁道位置信息的方式又可分为:

① 面伺服方式,以一个专用的伺服面和专用伺服磁头(简称面伺服)读/写位置伺服信息和速度伺服信号(计算通过几个磁道)。速度伺服使磁头快速地到目的磁道;而位置伺服将磁头调整并保持在目的磁道中心。

② 埋入式伺服方式(Buried Servo),这是当前最先进的一种磁头位置闭环控制技术,其原理是用盘片上磁层磁化深度会随信号频率的高低而异的原理,在磁层深部写入较低频的伺服信息。读出时,磁头中既含有高频的数据信息,又含有低频的伺服信息。利用滤波电路可将定位伺服信息取出,作为控制磁头定位信号。

③ 光电伺服方式,采用一对光耦合元件,一边发射,另一边用光电晶体管接收光。在这对光电耦合元件中间有二片距离很近的、精确的光刻度盘(每英寸有 500 到 2000 个信号刻度),活动部分装在磁头支架上。磁头移动时,活动光刻盘与固定光刻盘之间相对运动,产生莫尔条纹,通过转换电路,对磁头进行闭环控制。

2.按磁头运动方式分

(1) 旋转式　硬盘机中,多采用步进电机或旋转式音圈电机驱动磁头机构。在采用步进电机时,通过绞盘、钢带和转臂使磁头在盘面上作弧形运动。采用旋转式音圈电机时,直接驱动梳形结构的磁头安装臂,磁头相对于盘面也是弧形运动。

(2) 直线式　大多采用直线音圈电机。采用旋转式的步进电机时,要通过小车钢带、小车、或齿轮、齿条将旋转运动变成直线运动。

3.按尺寸和容量分

按尺寸分有 2 英寸、3.5 英寸、5.25 英寸、8 英寸不等的硬盘机。按容量分有 10MB、20MB、30MB、40MB、100MB、100MB 以上不同容量的硬盘机。一般,都将尺寸和容量联系起来考虑。如 3.5 英寸 40MB 硬盘机,5.25 英寸 40MB 硬盘机。因为容量和尺寸反映了硬盘机技术特点和水平。容量大、尺寸小的硬盘机是受用户欢迎的。尺寸小,便于安装;容量大,给用户带来了足够的使用空间。

最近还有一种 2 英寸的卡式硬盘机,这种硬盘机控制卡和盘在一卡上,可直接插入插槽中就可应用。

第二节　磁头定位系统

一、磁头定位原理

硬盘机磁头定位过程大致为:首先由 DSC(磁盘控制器)发出找道命令,使磁头从现行磁道快速移到目的磁道,这称为粗控。在移动过程中通过状态检测信号,随时修正磁头的运动速度。

当磁头已移到目的磁道上,但未到达磁道中心位置时,据运动状态检测的位置信号,通过控制系统和执行机构使磁头移到磁道中心。这个过程称为精控。

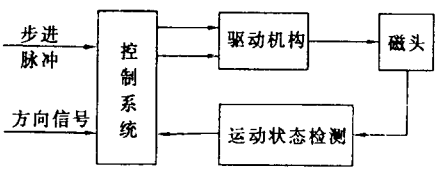


图 3-1-2　硬盘机定位原理框图

像图 3-1-2 定位原理框图中有运动状态检测系统的机构使磁头的控制成为闭环调节状态,即控制→移动→反馈→再控制。但这种系统成本高。为了降低成本,取消了运动状态检测这一环节,这种系统称为开环控制系统。还有一种一部分采用闭环控制(位置或速度之一),称为半闭环系统。还有混合式,嵌入式控制系统。现分述如下:

二、开环定位系统

开环系统(见图 3-1-3)的工作原理是:一般用步进电机作磁头驱动电机,微机接口发来步进方向信号,在硬盘机中转换成步进电机的驱动信号。步进电机每转一角度,便通过磁头小车

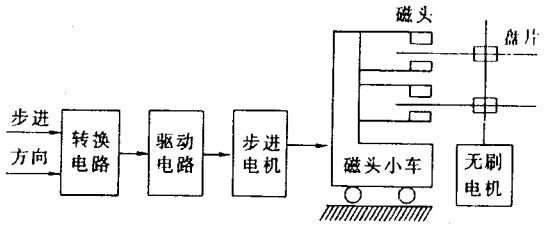


图 3-1-3　开环定位系统

架带动磁头走一道，电机的转动方向决定磁头前进（向主轴方向）或后退（离开主轴方向）。

据步进电机工作原理，步进电机分三相步进电机，四相步进电机，这种电机必须有三条或四条输入线，而接口送来的只有步进和方向两个信号，不能满足要求，为了控制的需要，通过一个循环计数型的脉冲分配器，用步进脉冲作为计数器的时钟去计数，用方向信号决定循环计数器是加计数或减计数。

以三相电机为例，如果某相绕组通电，取其输入状态为 1 电平，其余为 0 电平，那么三相双拍电机完成一次循环的三种控制状态，可分别表示为 110、011、101，而输出的三条输出线由上述方法实现的。

在步进电机定位的硬盘机中，利用单片机代替转换电路对步进电机的控制。它可以根据收到的步进脉冲数，即要找的磁道，计算出目的磁道与现行磁道的道差。再根据道差调用单片机中步进电机驱动找道模块，控制步进电机的转动。

为了提高定位精度和速度，有的定位系统采用了二种供电方式，即当需要步进电机转动时，向步进电机加一高压，找道完成后用低压供电。

开环系统的定位精度，主要取决于步进电机的步距角。但由于机械精度的限制，定位的精度和道密度都受到了限制。为了提高定位精度增加道密度，采用了闭环或其他定位方式。

三、闭环定位系统

闭环定位系统（见图 3-1-4）用于高的道密度、快速找道的硬盘机中。驱动电机用音圈电机。

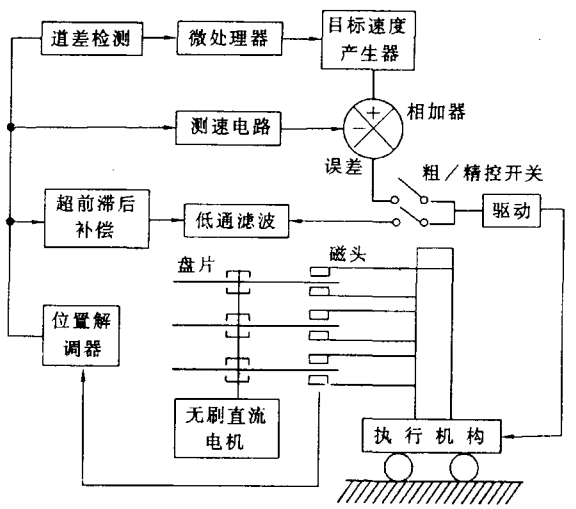


图 3-1-4　闭环定位系统

闭环系统采用双重控制方式,即速度控制和位置控制。可以用电子开关来切换,即道差大于 1 时采用速度控制,小于 1 时用位置控制。图 3-1-4 框图说明闭环定位系统工作原理。

1.粗定位或粗控

粗定位即速度控制。根据道差确定基准控制速度信号送相加器。然后根据速度传感器送来的信号,在相加器中与基准信号比较,如速度不符,则相加器输出误差控制信号,控制音圈电机,以最快的速度定于目的磁道上。

速度控制由道差检测,微处理器,目标处理器,目标速度产生器,测速电路,相加电路,驱动电路,驱动机构组成。如图 3-1-4 所示。

若用速度曲线描述,可以把速度作为道差的函数关系,见图 3-1-5。

如图 3-1-5(a)所示,如果要求磁头在最短时间从某个磁道 X_0 移动到另一个磁道 X_1。首先应让磁头以最大的加速度启动,使磁头速度直线上升,磁头位移 X 以抛物线变化。当磁头位移量 X 到达某点 A 时,控制信号反向切换,系统以最大的负加速度制动,使磁头运动速度直线下降,让磁头在短时间内到目的磁道 X_1。由于各种因素限制,实际一磁头运动速度不能超过某一限制速度 v_k,因此整个过程分为加速、匀速和减速三部分,如图 3-1-5(b)示。

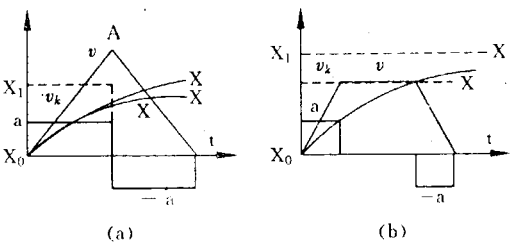


图 3-1-5 速度-道差曲线

2.精定位或精控

当道差小于 1 时进入位置控制。它由位置伺服信号(从盘上取得),经伺服解码电路(位置解码),伺服变换电路(超前滞后补偿,低通滤波),精控开关,驱动电路,驱动机构组成。

控制电路,根据位置信号大小和极性,控制音圈电机,驱动磁头,使磁头朝着磁头中心移动,最后将磁头锁定在磁道中心。如果有偏差,位置信号反映磁头偏离方向大小,并将它送入控制回路,以控制音圈电机带动磁头作微调,使磁头一直锁定在目的磁道中心位置。

本节第五部分将对闭环定位系统的三种定位方式即面伺服技术(方式),嵌入伺服技术(方式),全数字式伺服方式作一简介。

四、半闭环定位系统

半闭环定位系统如图 3-1-6 所示,位置控制利用伺服定位控制,常以步进电机作驱动电机,采用索引伺服信号检测位置信号。该系统比开环定位系统增加了伺服解码、D/A(数模转换)电路。半闭环定位系统介于闭环和开环之间,它利用了位置伺服技术,克服了磁道热胀冷缩的偏离,提高了定位精度。但步进电机步距精度的限制影响了道密度的提高。

半闭环定位系统的工作过程是:当磁道偏离道中心时,通过伺服提供位置信号送解码电路,解得磁道偏差值,单片机检测到偏离量值,便产生阶梯信号,经数/模(D/A)转换器产生不平衡的励磁电流,从而使步进电机做微步移动,直至磁头定位于磁道中心。

用步进电机实现位置控制,必须对步进电机实行微步控制。微步控制就是当位置发生偏差时,对步进电机进行微步调节。微步调节原理是,要求步进电机转动小于步距角,现以双极性永磁式步进电机为例说明(见图 3-1-7)。

只要 A-A′和 B-B′相线圈所通过的电流相等,转子处于稳定状态。这时,如改变相线圈的

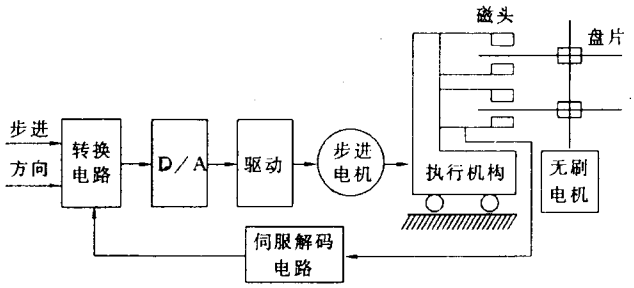


图 3-1-6　半闭环定位系统

励磁电流，使二相线圈电流不平衡，转子偏向一边，调节励磁电流的大小可以改变转子的转动角度，实现微步移动。

步进电机微步控制电路较复杂，为了对电流进行微调节，设有阶梯信号产生电路。正常情况下，向步进电机提供平衡励磁电流，这时电机按固定的步距角转动。如果发生偏差，根据偏差方向和偏差量改变电路的阶梯电流，使电机微步调节。可以用单片机产生数字式阶梯信号，再通过数/模转换电路转换成电机的励磁电流。从硬盘机索引信号前的伺服区上，也可以检测出磁头的位置信号。一般将该伺服区域放在索引位置的前面，见图 3-1-8。

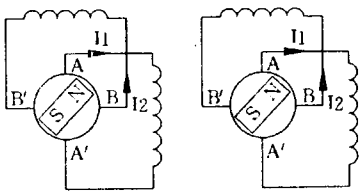


图 3-1-7　双极性永磁式步进电机原理示意图

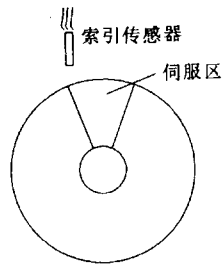


图 3-1-8　索引与伺服区物理位置示意图

该区域上记录了专门的伺服信息，供检测使用。利用磁头可以读出这些伺服信息。当磁道位置发生偏移时，所读出的信息不一样，利用伺服解码电路便可解得与目的磁道偏移的位置信号供控制使用。

五、面伺服定位系统

1. 概述

磁头定位系统所用的位置传感器分为两类：一类是机械式传感，一类是伺服面传感。机械式位置传感器有光栅、同步感应器、齿条磁性传感器及电容传感器等。它们在结构上都由两部分构成，一部分是固定在磁头小车附近的底座上，另一部分是安装在磁头小车上，随磁头一起运动。这两者的相对运动产生光、磁或电容的变化，利用这些变化，通过转换电路变成电的信息，但这种机械式位置传感器受温度的影响，使磁道的位置和传感器本身的位置都将改变，从而产生定位误差。机械式位置传感器在早期的低道密度盘采用。目前高容量的磁盘，不采用机械式位置传感器而采用伺服面位置传感器。伺服面位置传感器把位置信号直接刻写在专用的一个盘面上，这个盘面叫伺服面，其上的头称伺服头。伺服头和数据磁头不一样，只读不

写。伺服面磁头定位过程大致是这样的：

伺服面上预先写有位置信息，由一个专用伺服头读出，经解码后得到表征磁头位置的信号。对这个信号要求是：在磁头完全定位在磁道中心时，这个信号应该为零；在磁头偏离磁道中心时，要正比于定位误差的大小，极性决定于偏离的方向。磁头位置信号相对于磁头径向偏差的比值（即位置信号传递系数）是一个常数，而与磁头飞行高度（头、盘间隙）、偏离磁头的距离无关：

位置信号表达式为

$E_X = K(B - A)$

$K(A + B) =$ 常数

式中 E_X—位置信号；

B—B 磁道产生的信号；

A—A 磁道产生的信号；

K—比例常数。

伺服面刻写的伺服信息，由生产厂家设计码型，用专门的伺服刻写装置刻写。因而产品不同，生产厂家不同，其伺服信号就不一样。现就 WREN9415 硬盘机为例说明。

WREN9415 伺服面上定位信息的分布，如图 3-1-9 所示。

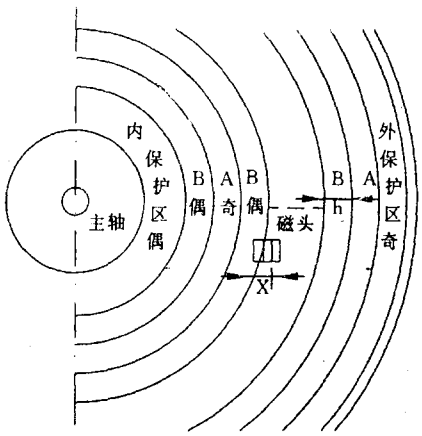


图 3-1-9 WREN9415 伺服面上定位信息分布图

在伺服盘上分为三个区，从主轴向外，依次为内保护区，接着是伺服区，最外为外保护区。在内保护区中连续地写偶信息，伺服区刻写奇偶道相间的不同的信息（或称伺服码），外保护区连续刻写奇信息。

当磁头处于 A 伺服道（假设为奇道）中心，则读出时，只有奇道（A）的信息，同样，如处于 B 道（偶道）中心时，只读出偶道 的信息，处于 A、B 交界处，同时读出 A = B 的信息。磁头处于其他位置时，因对读出 A 道信号与 B 道信息的幅值与磁头覆盖该磁道 的宽度成正比，如图 3-1-10 所示。

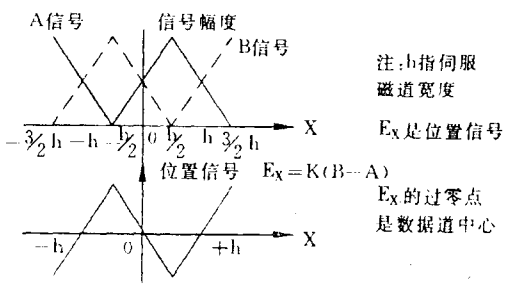


图 3-1-10 A 磁道与 B 磁道信息幅值与磁头覆盖磁道宽度曲线

2.伺服信号编码的方式

硬盘机采用的伺服信号编码主要有以下两种方式：

(1)三位编码　如 IBM3340 型硬盘机就采用此种编码，HH612 和 HH725 磁盘机的索引伺服区中的定位信号也采用三位编码方式。三位编码含有同步脉冲与定位脉冲两部分。对于所有磁道上的同步脉冲的出现，位置是一致的，但定位脉冲因奇偶道而异。或者定位编码是采用脉冲位置编码方法区分 A 道和 B 道。编码本身有自已的同步伺服脉冲。A 伺服磁道和 B 伺服磁道同步脉冲的位置是相同的，而不论磁头处于什么位置所感应的同步脉冲的幅度不变。A 伺服道上的 A 伺服脉冲在同步脉冲后 1/3 周期处，B 伺服道上的 B 伺服脉冲在同步脉冲之后 2/3 处。

三位编码的优点是编码线路十分简单。因为同步脉冲的幅值不随磁头偏离磁道位置而变化(即幅值恒定)，是负极性的，因此，用电平比较器就可以十分方便地由读出的位置信号中分离出同步脉冲。然后用同步脉冲去触发单稳电路，产生检测 A 伺服信号和 B 伺服信号的选通窗口脉冲，控制两路峰值检测电路测出 A 信号和 B 信号进行处理，产生 $E_X = K(B - A)$的位置信号及 $Ey = K(B + A)$的自身增量控制信号，如图 3-1-11 所示。

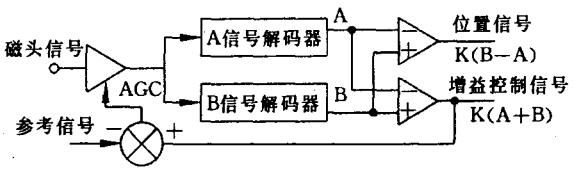


图 3-1-11　三位编码伺服定位信号处理框图

(2)双位编码　由于三位编码的信号是单极性的，易产生不对称性而引起位置信号误差，妨碍了道密度的提高。故在高容量的硬盘机中采用较复杂的双极性编码，如 CDC 公司的 WREN-9415 型硬盘机的伺服信号就是这一例。

WREN-9415 硬盘机伺服盘面分成四个区：数据区(0～696 道)，内保护区，外保护区及着陆区。在这四个区都有专门的编码信息，以互相区别使硬盘完成定位功能。伺服面上刻写的伺服定位信息为五个双极性信号，称为一个伺服字段，每条磁道共有 2688 个伺服字段，即 2688 个五个双极性信号。

五个信号分别是：

同步信号(SYNC)

编码(CODE)

偶道(EVEN)

奇道(ODD)

方向(Quadrature)

①同步信号(SYNC)出现在 A 伺服道 和 B 伺服道的同一位置，且不管磁道头偏向那个方向，偏差多大，读出的同步信号幅值总是相同的。因此，同步信号是伺服定位信号的基准信号，用作锁相回路(PLO)输入，使锁相回路的输出频率与同步信号一致，从而可作为四个伺服信号的时基信号。

②编码(CODE)为区分伺服面上的四个不同的区，不同区域的每个磁道上记录的编码信号是不同的。在保护区中，其编码方式为 101010，即每隔一个伺服字段记录一位编码信息。在数据区中，前六个伺服字段内记录有编码信息 111001，即连着三个伺服字段都记有编码信息，跟着的两个伺服字段为空的，最后一个(第六个)伺服字段内再记一个编码信息位。伺服道上其

余伺服字段内的编码信息位都为空的。对编码信息位采用这样的记录方式是为了产生索引信号。

③偶道位信号(EVEN)数据区偶道上写偶磁道位信号。

④奇道位信号(ODD)数据区奇道上刻写奇磁道位信号。

⑤方向位信号(Quadrature)有一半记录在偶磁道的外侧，另一半记录在奇磁道的里侧。

奇、偶道及方向三个信号的幅值随磁头位置变化如 3-1-12 图所示。从图中可看出以下特点：

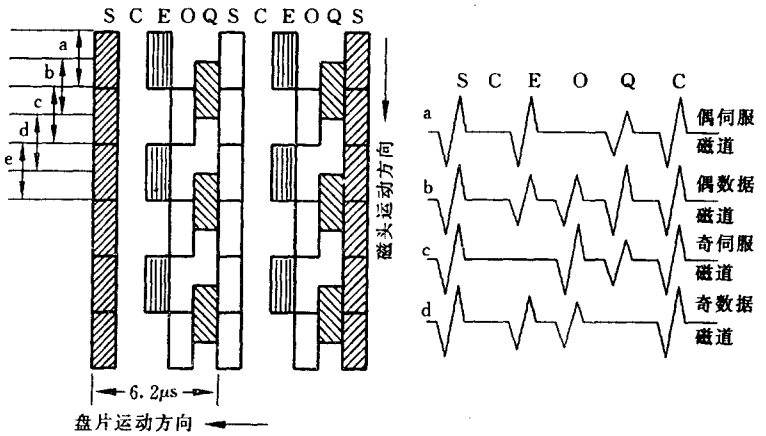


图 3-1-12　奇偶道及方向三个信号的幅值随磁头位置变化图

①数据磁道偏离伺服磁道半个道间距；

②在伺服奇磁道中心，奇道信号(ODD)为最大值，而偶道 位伺服信号(EVEN)为零；

相反，在偶伺服道中心，偶伺服信号(EVEN)为最大值而奇道伺服信号为零；

③在数据磁道中心，奇道位与偶道位信号幅值相等；等于最大值的 1/2；

④方向位信号在伺服道上为最大值的一半，而在数据磁道上，偶数据磁道上最大，奇数据磁道上为零；

⑤同步位信号不论磁头在什么位置，幅值都是最大值。

3.伺服定位系统组成与原理

伺服磁头读出的磁头位置信号，经放大处理后，在“偶道选通(EVEN GATE)”、“奇道选通(ODD GATE)”、“方向选通(QUAD GATE)”、“AG 选通(AGC GATE)”四个信号作用下，检出偶道(E)、奇道(O)、方向(QP) 等三个双极性信号的幅值，利用求和电路输出模拟量的偶、奇道信号差值“E－O”，另外从这一专用集成电路输出数字化处理后的“伺服脉冲”(Servo Pulse)和在“道中心 ”(TRK CNT)及“偏离方向”(E－O＞0)两个状态信号。伺服解码电路根据伺服脉冲和磁道偏离中心信号“E－O＞0”(即偶－奇＞0)，输出以下六个控制信号：

磁道脉冲(TRAK PULSE)

偶道信号选通脉冲(EVEN GATE)

奇道信号选通脉冲(ODD GATE)

方向信号选通脉冲(QUADRATURE GATE)

自动增益选通脉冲(AGC GATE)

Q＞50 和 Q＜50 状态信号

在磁头穿越一条伺服道中心时，产生一个磁道脉冲，送 8749 作现行磁道计数用。奇道、偶

道、方向及自动增益选通脉冲全部作为模拟伺服信号处理电路的控制信号，使其能将奇道、偶道、方向、编码等信号分离出来(图 3-1-13)。“Q > 50”和“Q < 50”是表示方向信号幅值的控制信号。微分电路产生速度反馈时，这两个控制信号作输入信号的转换。速度反馈信号是由模拟和伺服信号处理电路输出的“奇偶信号差(E - O)”和“方向信号“(QP)”微分而形成的。当磁头向一个方向前进时，“E - O”和“QP” 的峰值将随着磁头的位置而变化，变化的斜率反映了磁头运动的速度大小。将这两个信号微分，就可获得与磁头运动速度成正比的信号。微分信号取值范围的波形见图 3-1-14。

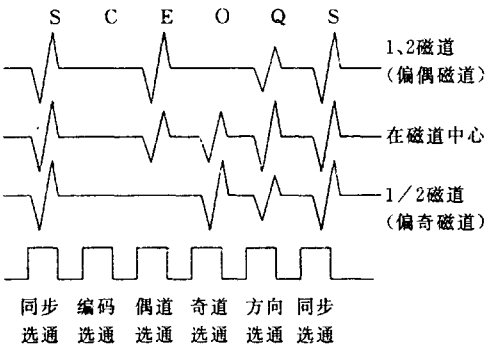


图 3-1-13　伺服信号解码时序图

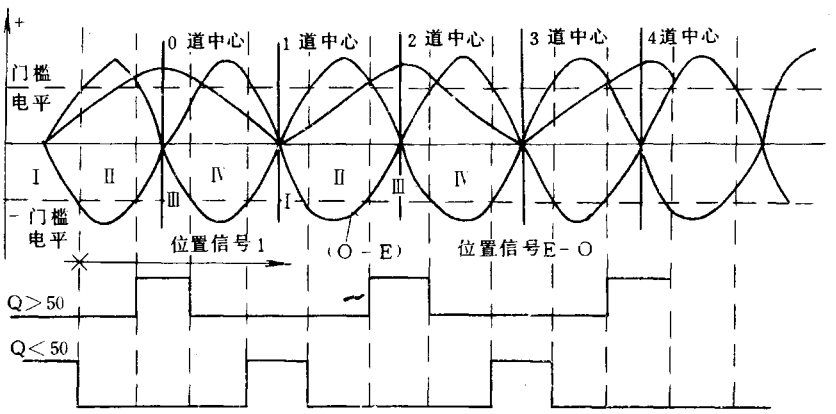


图 3-1-14　微分信号取值范围波形图

伺服面控制定位系统，由于磁头位置信号是刻写在伺服片上，而伺服盘片与数据盘片同轴，检读伺服信号的伺服头和数据头是在同一个取数磁头臂上，因此可以消除物理因素(热、机械)对定位精度的影响，提高了读/写的可靠性、定位精度和道密度。

伺服面定位系统也是一种闭环定位系统，因而所有闭环系统都具有定位找道时间短，定位精确等优点。

由于伺服信息是生产厂家用专用的刻写设备刻写的，因此，伺服信息一旦破坏，一般用户无法恢复，这对维修造成一定困难。

伺服面刻写技术广泛用于 5.25 英寸 40MB 以上的硬盘机中；目前市场上广泛流行的 3.5 英寸 40MB 以上的硬盘机采用了更新的嵌入伺服刻写技术，这种技术可以更进一步地提高道

密度和定位精度。带有嵌入式自动温度补偿(ETC)的面伺服系统。请见本节第六部分。

六、嵌入式伺服方式定位系统

1.概述

嵌入式伺服方式与面伺服方式不同,它不是采用专用的伺服面和伺服磁头,而是在每个盘面的各个扇区前记录一段伺服信息,磁头与数据磁头共用。这种伺服方式可以有效地克服温度变化及随机振动引起的定位误差。由于嵌入式伺服占用盘面的区域少,特别适合小型磁盘机,因此,目前广泛地应用在3.5英寸磁盘机上。

嵌入式伺服在盘面的划分上与面伺服相似,如图3-1-15所示。整个盘面被分为外保护区,内保护区,数据区三部分。其用来作定位用的伺服信息部分镶嵌入每个扇区中,故而又被称为扇区伺服。每个磁道上记录的伺服段的多少直接影响到磁头找道速度和定位精度。嵌入式伺服方式一般来说,是一种数字伺服方式。它得到的伺服信息以及解调后驱动音圈电机的位置误差信号是不连续的。因此,伺服扇区的多少决定了伺服采样的周期和每圈磁头位置调整的次数。例如,一个驱动器转速为3600r/min,共有80个伺服区,采样周期为208μs,磁头精定位时,可能的每圈调整次数为80次。

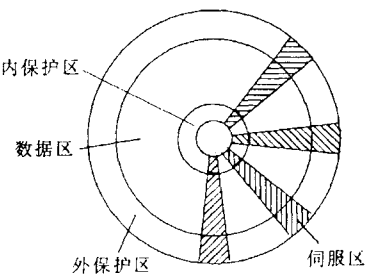


图3-1-15 嵌入式伺服的盘面划分

嵌入式伺服在每个伺服区段内一般刻写有如图3-1-16所示的4种信息段,即识别段、前标段、道地址段、位置信息段。

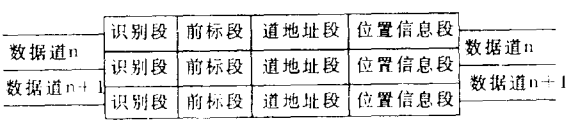


图3-1-16 嵌入式伺服的4种信息段

识别段不记录信息,或称为抹除段,用来区分数据区和伺服信息区,前标段为同步区,它一般为等频的双位脉冲,地址段记录磁道地址。位置信息记录位置信号,一般为脉冲串。偶伺服道为A脉冲串,奇伺服道为B脉冲串。A、B脉冲串在位置上错开。

从图3-1-16可以看出,嵌入式伺服方式与面伺服方式的主要差别有:

(1)面伺服方式得到的伺服信号是连续的,而嵌入式伺服则为不连续的。

(2)面伺服方式有专用的伺服磁头,而嵌入式伺服是与数据磁头兼用的,因此,伺服信息与数据交替出现,需要区分数据区和伺服区。

(3)面伺服方式能从位置信号中产生磁头过道脉冲,而嵌入式伺服由于其不连续性则不能产生过道脉冲。

由于扇区伺服的伺服信号之不连续性,而不能像传统的面伺服那样,读出包含有磁头定位信息的位置信号,并得到过道脉冲,从而进行磁道计数。它得到的位置信号是"采样"信号。当磁头跨过一条磁道的时间小于盘片转过一个扇区的时间时,在两个"采样"期间,磁头就可能跑过几个磁道。因此,按照面伺服方式,它就会丢失几个过道脉冲。我们知道,面伺服方式磁头最大找道速度为磁头在一个伺服帧(SERVO FRAME)内跨过一个磁道,同样,按传统方式来说,

扇区伺服的最大速度为二次采样之间跨过一个磁道。也就是说两个扇区之间的时间只能跑一道的距离。例如:一个 80 扇区的驱动器主轴转速为 3600r/min,则其最大找道速度被限制在 1 道/208μs。若道密度为 2000TPI,那么磁头运动速度为:

$$v = 1 \div \text{TPI} \times 25.4\text{mm}/208\mu\text{s} = 25.4 \times 10^{-3}\text{m} \div 2000/208 \times 10^{-6}\text{s} = 0.061\text{m/s}$$

这个速度是很慢的。不能满足磁盘机的找道要求。那么扇区伺服是怎样进行高速找道的呢? 首先,如果能得到两次采样之间磁头所跑过的磁道数,那么其找道速度就会提高。而从上面的分析中知道,扇区伺服又不能得到过道脉冲。是否可以将每个磁道的磁道地址刻写在伺服区上,而让磁头在找道过程中不断地读回该地址呢,上面介绍过的嵌入式伺服格式中的地址段正是用来高速找道的。

2.磁道地址编码方式

地址信息可采用磁道地址编码的方法来记录。在嵌入式伺服方式中一般采用绝对地址编码和相对地址编码两种方式。下面分别介绍这两种方式的编码和实现高速找道的算法。

(1)绝对地址编码方式　绝对地址编码是一种整个盘面的磁道都有自己确定的地址且各不相同。这种磁道地址可用一定长度的编码,给每一磁道一个特定的地址编码来实现。为了使编码简单和便于判别,一般采用格雷码。表 3-1-1 是码长为 3 的格雷码。其编码规则为相邻的码字之间只差一个码元。由于格雷码所表示的磁道地址很容易和二进制编码互相转换。在高速找道时,磁头不必通过检测过道脉冲来计算地址,只须读出格雷码的编码就可以得到现行磁道地址,通过一定的算法可以知道磁头已跑过的磁道数目。

实际使用时,一般采用所谓变型格雷码,如 CONNER 公司的 3.5 英寸 CP342、CP3044 硬盘机均采用这种编码方式。其磁道编码相邻道只有 1 位发生变化。

表 3-1-1　码长为 3 的格雷码

编号	格雷码码字		
1	0	0	0
2	0	0	1
3	0	1	1
4	0	1	0
5	1	1	0
6	1	1	1
7	1	0	1
8	1	0	0

两个 1 之间最多有两个连续 0。即全部编码中不包括连续 0 的个数大于 2 的码字。图 3-1-17为伺服信号在磁道中的位置及读出波形图。

由于是绝对地址编码,磁头读到的地址即为磁头所处的道地址。因此,可以直接和目标地址求差,求得磁头速度为

$$v_{平均} = \Delta ADR / T(\text{磁道数/秒})$$
$$= \Delta ADR / TPI \cdot T(\text{英寸/秒})$$

式中　$v_{平均}$——为两次采样之间的平均速度;

ΔADR—— 两次采样之间的磁道地址差;

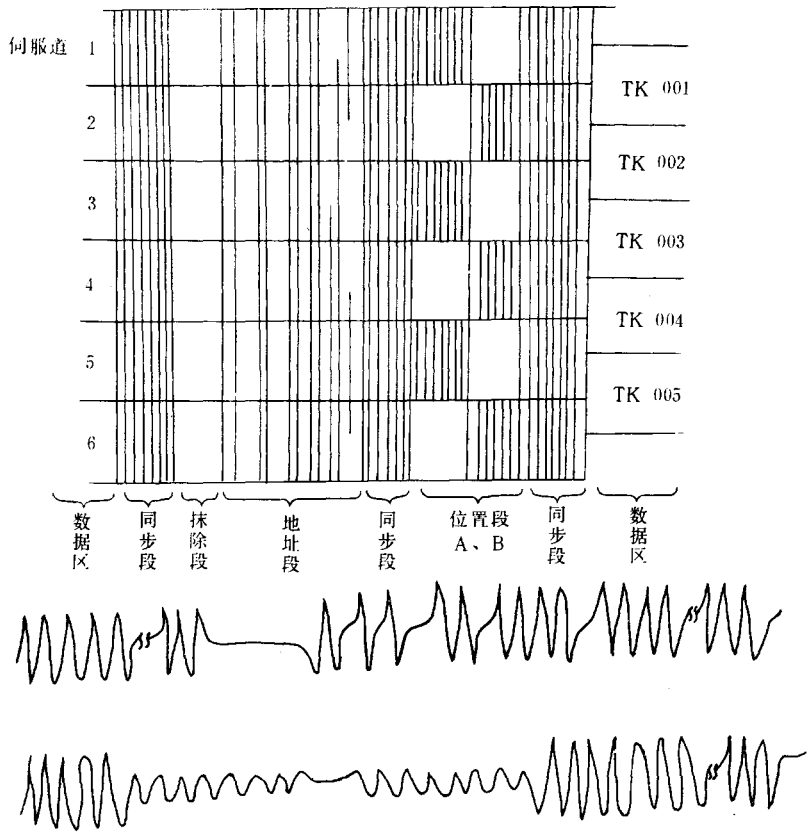


图 3-1-17　伺服信号在磁道中的位置及读出波形

T——采样周期；

TPI——道密度(道数/英寸)。

磁道地址的格雷码编码方式，使得两相邻磁道只有 1 位信号发生变化。而在伺服刻写时，磁道地址的每 1 位均是径向对准的。因此，磁头在运行过程中总能读出最多只有 1 位不确定的磁道地址。假设用来反映磁道地址的格雷码共有 n 位，每个伺服道 j 都写入了一不同的二进制位 ADW(j)，那么磁道地址可表示为：

$$ADW(j) = a_0(j) \times 2^0 + a_1(j) \times 2^1 + \cdots\cdots + a_n(j) \times 2^n$$

式中　$a_i(j) = \{0,1\}$(格雷码上每位的值)；

$2^0 \equiv$一个磁道宽度 P。

例如：CP3044 中，第 120 道的磁道地址为 101001111101001，共 15 位。则可表示为

$$ADW(120) = 2^0 + 2^3 + 2^5 + 2^6 + 2^7 + 2^8 + 2^9 + 2^{12} + 2^{14}$$

但是由于采样时磁头不一定在磁道的中心，有可能是跨在两个磁道的中间。这时，就会有 1 位值不确定。也就是说采用格雷码编码的磁道地址存在二义性。如图 3-1-18 所示，当磁头处于编码分别为 111 和 110 两个磁道之间时，读出波形的 2^0 位介于 0 和 1 之间。这时可用两个门槛电平(25%和 75%)来检测地址位。并在道地址表示式中引入一个附加的二进制位 $a_{-1}(j) \times 2^{-1}$。这个附加位的引入，主要在于提高定位精度。即何时切换成精定位模式。由于磁道地址的二义性，若不引入 $a_{-1}(j) \times 2^{-1}$这 1 位，那么，目标地址和现行地址的差值之误差最大

可达 ± P(一个磁道宽度)。若这时切换成精定位模式,则会增加定位误差和定位时间。

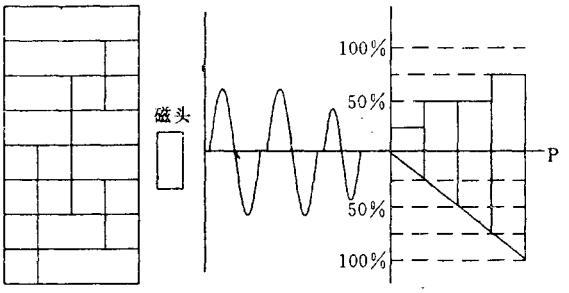


图 3-1-18 绝对地址编码的二义性

为了得到更精确的磁道地址,我们对附加位 $a_{-1}(j)\times 2^{-1}$作些规定。假设 A(f)为变化的地址位 $a_i(j)\times 2^i$ 的幅值,f 为现行磁道地址与目标磁道地址的差值,并设:

若 f = 0, 则 $a_i(j)=0$

若 f = P, 则 $a_i(j+1)=1$

那么 $a_{-1}(j)$的二进制值可定义如下:

当 $0<f\leqslant P/4$ 即 $A(f)<25\%$时,$a_{-1}(j)=0$

当 $3P/4<f\leqslant P$ 即 $A(f)>75\%$时,$a_{-1}(j)=0$

当 $P/4<f\leqslant 3P/4$ 即 $25\%\leqslant A(f)\leqslant 75\%$时,$a_{-1}(j)=0$

相应地,在伺服区读出的磁头位置为

$$ADW(j)=a_{-1}(j)\times 2^{-1}+a_0(j)\times 2^0+\cdots+a_n(j)\times 2^n$$

其中 $a_i(j)=\{0,1\}$,$2^{-1}=P/2$,$2^0\equiv P$

这时若给定的目标磁道地址 ADW(F)为

$$ADW(F)=1\times 2^{-1}+a_0(F)\times 2^0+\cdots+a_n(F)\times 2^n$$

那么得到的位置误差为

$$E(j)=ADW(F)-ADW(j)$$

其磁头绝对位置误差精度为 P/4,即 1/4 磁道宽度。

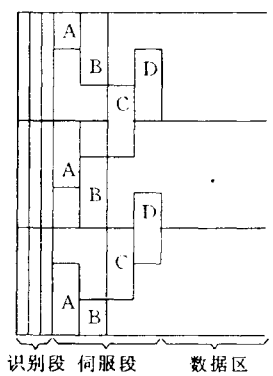


图 3-1-19 绝对地址二进制编码的图形

按以上方法,磁头在粗定位(高速找道)过程中可使磁头定位在离道中心偏差不大于 1/4 道宽的地方。1/4 道宽则是在精控的调整范围内,也就是说是在根据 A、B 脉冲串解调出的 SPE 信号能够调整的范围内。

另一种有代表性的绝对地址编码是以二进制编码方式的,图 3-1-19、图 3-1-20 是它的图形和具体内容。这种编码格式在伺服区分为识别段和伺服信息段。识别段记录两个双位。伺服信息段中 A、B、C、D 四组伺服信息按双相方式安排。这四组信息的径向宽度为数据间隔的 2/3,即与磁头缝隙宽度相同。这就将一条数据磁道分成三等分,得到 1/3 磁道的分辨率,有利于更准确地寻到目标磁道。

A、B、C、D 信息并不像通常的两相双位信息那样是个双位脉冲,而是以双位为基础的脉冲

串(如图 3-1-20)所示。每组信息中包含有前标脉冲串,磁道地址,磁头或扇区地址,后标及组间抹除区等部分。磁道地址包含两个字节,其中低 12 位为二进制地址码,高 4 位作检查和,以检查读回的磁道地址是否正确。跟在磁道地址后面的字节交替记录磁头和扇区地址,即 A、C 组记录磁头地址,B、D 组记录扇区地址。

前标区为一串固定频率的脉冲串,它除作同步用外,还作精定位用,因为磁头在不同位置时,读出 A、B、C、D 前标区信息的幅值反映了磁头的实际位置。可以从中解调出双相位置信号作磁道跟踪控制之用。

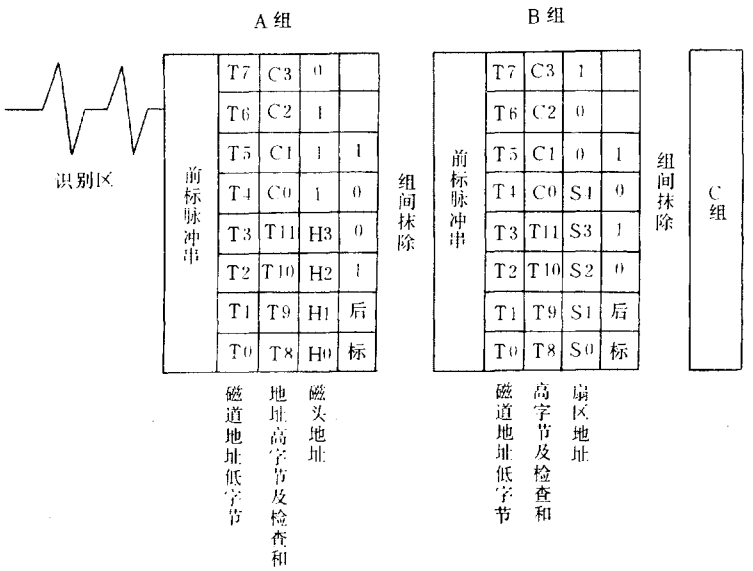


图 3-1-20 绝对地址二进制编码的具体内容

图 3-1-21 是一种绝对地址编码伺服定位控制框图。由磁头读出的信息经放大和滤波后,在定时逻辑的控制之下,通过地址信息处理电路分离出索引信号及磁道地址,送到单片机作进一步处理。得到磁头离目标磁道的道差及磁头速度,以及控制磁头运动的数字量,这个数字量

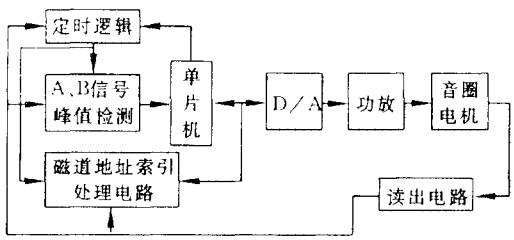


图 3-1-21 伺服控制框图

送到 D/A 转换电路,得到控制用的模拟电压。经功率放大控制磁头运动,实现速度控制。磁头到达目标磁道后,切换成精定位模式。定时信号控制峰值保持电路对 A、B 位置信息进行采样,送到单片机进行 A/D 转换,并在单片机内进行 A - B 运算,得到磁头偏离磁道中心的数字量。经进一步处理后,通过端口送出作磁道跟踪控制的数字量,经 D/A 转换及功率放大后控制音圈电机的运动。从图中可以看出这类伺服通常叫数字伺服系统。

(2)相对地址编码方式 相对地址编码方式是把盘面上所有磁道分成组或称为周期。一

个周期内的各磁道地址都有特定的编码，不同周期的道地址相互重复。这种方式只能得到磁道的逻辑地址。

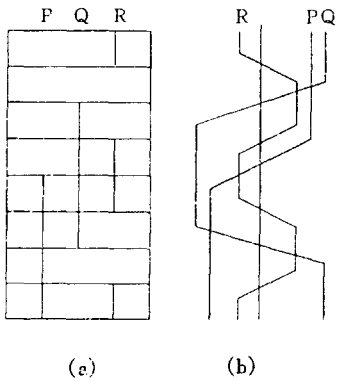


图 3-1-22 相对地址编码

图 3-1-22(a)表示以 8 个磁道为一周期的相对地址编码。我们分别把这三位相对地址编码定义为 P、Q、R。图 3-1-22(b)表示从盘上读出的三位地址信息的波形。从图中可以看出，P、Q、R 的图形组合可分别判出 8 条磁道地址。整个盘面上的道地址以 8 为周期重复，因此，磁头的运动速度限制在 8 道/扇区。

相对地址编码的磁头运动速度和位移可分别按以下两个公式计算。

设磁头速度为 S(i)，位移为 D(i)，则

$S(i) = (P_i - P_{i-1}) + K$ 磁道数/扇区

当 $P_i > P_{i-1}$ 时 K = 分组磁道数

当 $P_i < P_{i-1}$ 时 $K = 0$

$$D(i) = \sum_{n=0}^{i} S(n)$$

式中 P_i——磁头在第 i 次采样时所处的磁道位置，$P_i = L + 1$；

L——磁道周期值(对于一组 8 条磁道的情况 L = 8)；

P_{i-1}——第(i-1)次采样时磁头所处的磁道位置，其算法与 P_i 相同。

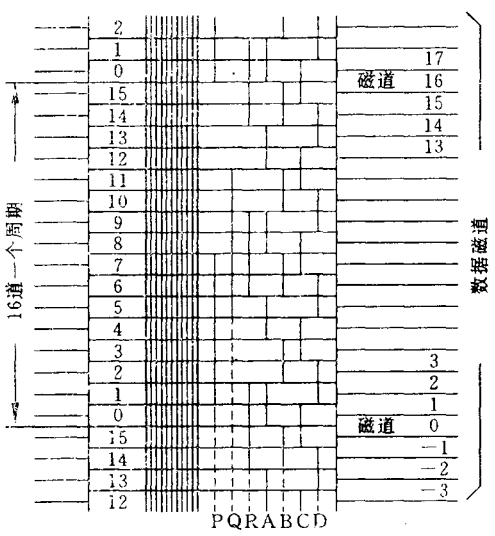


图 3-1-23 七位编码伺服模型

图 3-1-23 是一种采用七位码的相对地址编码方案。它的伺服区分成三个段；抹除段不记录信息，用来区分数据区和伺服区，AGC 段记录等频双位码，作为同步及 AGC 用，伺服信息段有七个双位，其中 A、B、C、D 四个双位按双相位置信号的要求编码，每 4 条磁道重复，用作精定位的位置信号。P、Q、R 三个双位中，R 只占 4 条磁道，每 8 道重复，P、Q 占 8 条磁道，每 16 道重复。P、Q 相互错开 4 条磁道，由数据磁头兼作伺服磁头，因此对七位码分别进行采样所得到的位置信号均是梯形波，见图 3-1-24。由 P、Q、R 及 X = A - B，Y = C - D 五个信号，可得到 16 种不同的磁道编码。

这里磁头无须读出整个梯形波，只需判别高、低电平(设高电平为 1，低电平为 0)就把整个盘面按每 16 条磁道为一区划分开了。这种编码方式，可按图 3-1-25 所示的条件分枝算法得到绝对地址。按这个算法，可得到小于等于 32 道/扇区的磁头速度。在图中假设每组内磁道数为 16，则 PB、LB 表示磁头在前一采样扇区的磁道地址和组内磁道地址，PP、LP 表示在当前采样扇区的磁道地址和组内磁道地址。

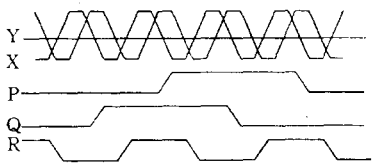


图 3-1-24　七位编码波形

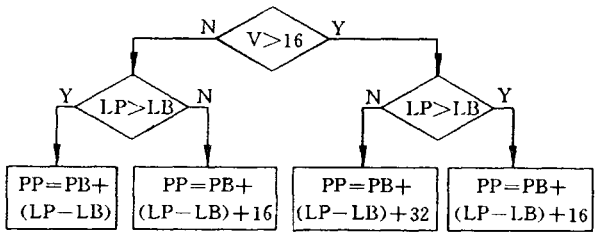


图 3-1-25　分枝算法图

七、嵌入式自动温度补偿(ETC)

自动温度补偿,是为了补偿由于盘腔温度梯度引起的定位误差。大容量的硬盘机大多装有多个盘片(通常为 5～8 片),而且基本上采用面伺服的方式进行磁头定位。在 2000TPI 左右的道密度情况下,硬盘机的磁道宽度约为 12.7μm,允许定位误差 5%时,其磁头偏道允许值约为 0.6μm 左右。在这么高的定位精度情况下,若装有多片盘片,而以某一面上的伺服信息为基准信号进行定位,则数据盘面上会因腔内温度不均匀而导致的定位误差,从而产生读错误,如图 3-1-26 所示。为了纠正这个定位误差,产生所谓嵌入式自动温度补偿(ETC)。

嵌入式自动温度补偿(ETC)的基本思路,是在每个数据盘面上刻写一段热补偿信息。在找道和磁道跟踪时由面伺服完成,而当选中某个数据磁头进行数据读写时,首先读出该热补偿信息,送至微处理器,算出该磁道与伺服面上磁道的偏差量。然后,将这个偏差量送至伺服系统进行修正,以保证磁头不偏离磁道中心。

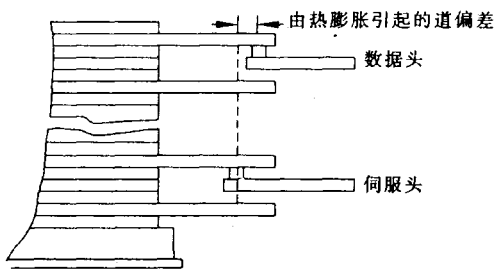


图 3-1-26　温度不均匀引起的定位误差

通常为了节约记录空间,将热补偿信息安排在索引前面的一段区域,如图 3-1-27 所示。也有将其安排在每个扇区前面的,但这样做占记录空间较多。这一段温度补偿区域对用户来说是不可见的。在产品出厂前与伺服信息一样被刻写上的。图 3-1-27 中 A、B BURST 为两块等频率的脉冲串,它就是微处理器用来判别是否偏离磁道的位置信息。这两个脉冲串在盘面上的刻写位置如图 3-1-28 所示。数据磁头采样 A、B 脉冲串,微处理器进行 A－B 运算得出偏差值。当 A－B＝0 时,则为磁道中心。

但是要注意一点,由于用数据磁头采样,那么不同磁头采得的脉冲串共享一个数据通道。这样,由于磁头特性的离散性,会导致不同数据面上的脉冲串之幅度差异。从而 A－B 得出的误差也有差异。换句话说,同样的补偿量,对不同的磁头来说,调整的距离不同。实际应用

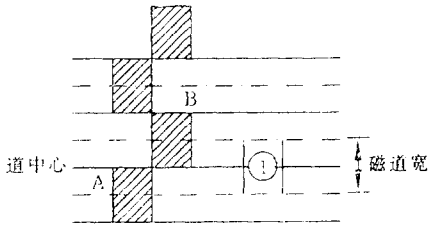


图 3-1-27　温度补偿信息

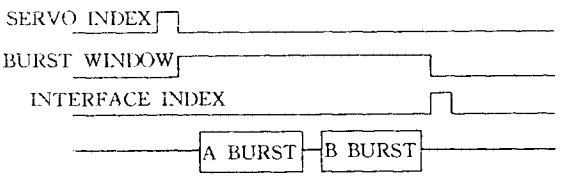
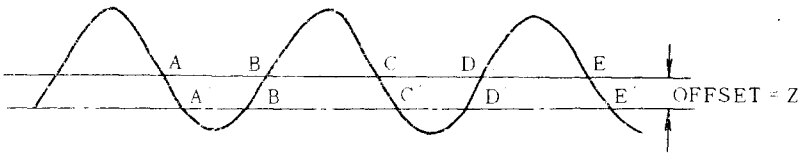


图 3-1-28　A、B 脉冲串的盘面位置

时，要考虑到这个问题。

当采样到 A－B≠0 时，伺服系统如何来调整这个偏差呢？在面伺服系统中，当驱动器处于精定位控制模式时，磁头跟踪伺服位置信号的过零点。图 3-1-29 中的 A、B、C、D、E 点均为磁道中心点。当有热膨胀误差存在时，伺服磁头不断调整跟踪这个零点。我们假定选中的数据磁头为 0 号头，设此时 A－B＝Z，Z 就为 0 号数据磁头偏离磁道中心的值（OFFSET 值）。而伺服磁头则位于磁道中心（假设为图 3-1-29 中 A 点）。图 3-1-29 中，A′、B′、C′、D′、E′点为 0 号数据磁头上的道中心点。因此，只要将伺服波形的零点偏过一个 OFFSET 值，即可达到补偿目的。



A、B、C、D、E 点均为磁道中心

图 3-1-29　热补偿示意图

近年来由于高速数字处理技术的发展，很多驱动器的伺服定位系统采用了数字伺服系统。这使得对嵌入式自动热补偿的采样、运算和处理变得相对方便些。带嵌入式自动热补偿的数字伺服系统的框图如图 3-1-30 所示。

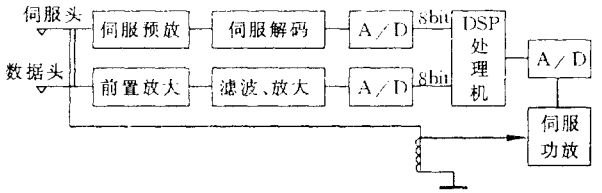


图 3-1-30　数字伺服框图

模似伺服系统中，微处理器运算目的磁道地址与现行磁道地址之差的差值为 0，则将伺服切换成精控模式，磁头自动跟踪位置信号，微处理器不再介入定位控制。而数字伺服系统则不然，粗定位和精定位 DSP（数字信号处理器）均参与控制。如图 3-1-30 所示，伺服位置信号由 DSP 控制定时采样经伺服磁头读出后，进行伺服解调，模数转换，输入 DSP 处理机。粗定位时，数字伺服与模似伺服类似。但是在精定位时，DSP 仍介入控制，位置信号被模数转换后成为 8 位数字信号。我们将该位置信号分成 256 等分，即从 00～FF（十六进制），那么 80 为其中心值。如图 3-1-31 所示，若模数转换值为 80，则认为磁头位于磁道中心。这时 DSP 输出一数字量，经数模转换后对应于参考电平的 0 位上。

精定位时，DSP 进行位置信号与 80 值（也就是参考 0 位值）的运算。如果位置信号与 80 值的差值为 0，那么磁头位于磁道中心。换句话说，如果参考 0 位值改变，那么磁头锁定的位置也随着改变。嵌入式自动热补偿系统，对每个数据头上采集到的热膨胀误差经模数转换后，存储在一张对应的表内。当某个磁头被选中并要进行读写操作前，该表内对应的误差信息被取出，并被放置在参考 0 位值单元之内。这时 80 值被（80 + Z）值所替代。伺服磁头在 DSP 的控制下相应地从 80 值位置上偏移一个 Z 的距离，使得数据磁头处于磁道中心，从而完成热补偿。

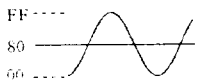


图 3-1-31　模数转换示意

由于温度的变化是连续的，因此，嵌入式自动热补偿系统通常采用定时采样热膨胀误差的办法来刷新误差表，以减少热补偿的时间开销。

思考题：

1. 嵌入式伺服定位系统和嵌入式温度补偿定位系统的工作原理是什么？

第三节　主轴稳速系统

软盘机由于转速低，电机启动后可迅速达到规定值。硬盘机由于磁头是接触启停，转速又高，电机启动后希望在尽量短的时间内达到规定转速，使磁头浮起来，才能避免读/写错，或划伤盘面。软盘机转速误差要求小于 0.5%，硬盘机转速误差要求小于 ±0.1%。因此，必须要有主轴电机的专门稳速系统，其框图见图 3-1-32。

从电机内部取得与速度成比例关系的速度信号，通过电路转换成电机的转速控制量去调节电机的转速，使其保持在一定范围内。速度反馈→控制→速度反馈→再控制，构成电机的闭环调节系统。

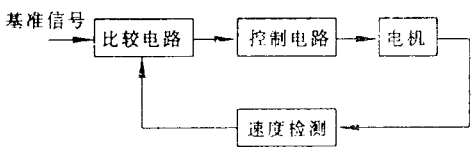


图 3-1-32　稳速系统框图

硬盘机大多采用锁相环伺服控制技术。锁相环稳速系统的稳定性，主要取决于基准输入信号的稳定度。根据输入信号是模拟量或数字量，锁相电路可分为模拟鉴相和数字鉴相两种类型。模拟锁相电路一般采用 RC 电路产生基准信号，数字锁相电路一般用晶振产生基准信号。目前，有些硬盘机用单片机代替分离电路，进行主轴电机的锁相控制。这两种锁相电路框图见图 3-1-33 和图 3-1-34。

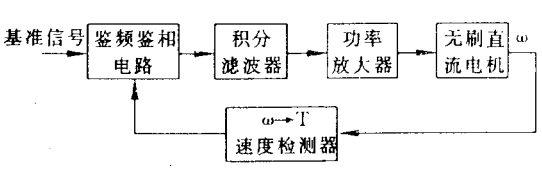


图 3-1-33　分离元件锁相电路

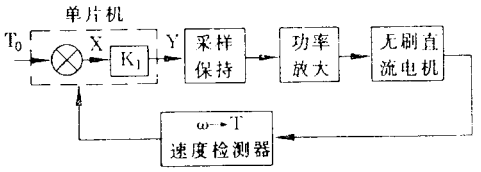


图 3-1-34　微机控制的锁相电路

主轴驱动电机采用无刷直流电机，电机内装有霍尔光电器件或测速器。当电机旋转时，磁

场方向或光源信号不断变化，利用它们可以输出反映电机瞬时转速的反馈信号 T 送入鉴别电路。它与基准信号 T_0 比较，即 $T-T_0$，得到相位差信号。此信号反映了转速偏差。当电机转速低时，反馈信号 T 变宽；反之，T 变窄。单片机根据 $T-T_0$ 的差值输出调整信号 Y。改变 Y 的周期与脉冲宽度，即控制电机线圈通电时间的长短，实现对转速的调整。

第四节　硬盘机读/写系统

硬盘机的读/写系统由磁头、盘片及读/写电路三大部分组成，见图 3-1-35。磁头，盘片前面已介绍，此节专门介绍读/写电路。

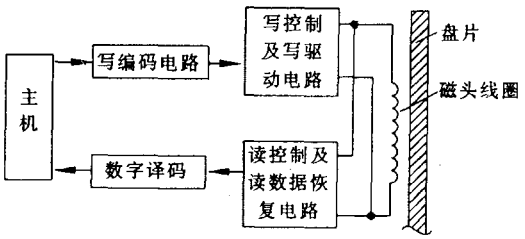


图 3-1-35　读/写系统框图

一、写入电路

1.写入电路工作原理

见图 3-1-36，硬盘机接收到从主机送来的写命令控制写数据序列脉冲经过编码（按记录方式）后，再经写数据分频，最后送至磁头的写驱动电路，使磁头线圈轮流通导；并利用恒流源电路向磁头线圈提供恒定的励磁电流，写在盘片上形成记录的位单元。软盘机中，由于磁头和盘片接触工作，磁道之间杂散磁场干扰比较严重，因此，设置抹电路抹去两磁道之间的干扰磁场。硬盘机没有抹电路，写入时，新的信息可以覆盖原先的信息，因此，每次写入前不用先抹去原先记录。磁头线圈有中心抽头和无中心抽头两种。

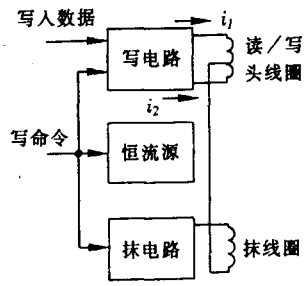


图 3-1-36　写电路框图

2.写电路要求

对写驱动电路有下列要求：

(1) 要求写驱动管开关特性好，抗高反压，有一定的功率余量。

(2) 采用多级写驱动电路中，前后级电压应相匹配。多级驱动电路可以改善波形。末级驱动有饱和型和非饱和型两种，写入频率较高时采用非饱和型，以利于提高开关速度。

对写电流有下列要求：

(1) 写电流的大小软、硬盘机不一样，软盘机取 8～2mA，硬盘机取 40～60mA。

写电流的大小影响读出幅度、分辨率和写重噪声。写电流过小，磁层不能充分磁化使读出幅度降低；写电流过大，会使磁化过渡区变宽，造成脉冲拥挤现象，磁头读出幅度和分辨率都下

降。写电流与磁性材料、记录密度、磁头浮动间隙、磁层厚度及磁头线圈匝数有关。

(2) 写电流分级,外区采用较大的写电流,内区采用较小的写电流。道密度越高,磁道数越多,级数也分得越多。

(3) 写电流采用恒流源供电,减少写电流波动产生的相移,由于恒流源交流电阻大,可减少磁头感性回路的过渡过程。

(4) 在磁头回路时,采用泄放电路来减小磁头写入振荡造成的过冲。

3.磁头线圈

磁头线圈分中心抽头,无中心抽头两种。中心抽头,有的接地,有的接电平。中心抽头的线圈可以减小负载的电感量,提高读出幅度,但两半线圈必须平衡。否则会降低读出分辨率。

二、读出电路(见图 3-1-37)

1.前置放大电路

前置放大电路简称前放。由于磁头读出信号幅度低,频率高;软盘机 2mV (p-p)(峰-峰),硬盘机 1mV(p-p);容易受干扰,一般采用宽带放大电路;该电路必须有一定带宽和放大倍数;要求抗干扰能力要强,能无畸变地将磁头读出信号加以放大。为此目的,硬盘机把前放置于 HDA 内,以便缩短磁头引线,减小长线传输干扰,同时采用"共模抑制比"高的差动放大器。

2.主放大器

由于前放电路放大倍数不宜太大,因而经前放后读出幅度仍较低,为了可靠地鉴别出数据信号,必须进一步放大,在主放大电路中还同时设有高频滤波,消除传输中的寄生信号。

3.自动增益回路(AGC)

由于硬盘机盘片上读出信号内区,外区信号幅度相差很大,同一磁道上读出的信号幅度也不一样,再加上磁头浮动性能变化及外界干扰、幅度波动、数据头、伺服头读出幅度也不一样。为了消除这些因素带来的影响,而用同一放大器作主放,可以采用自动增益控制电路(AGC),使其放大器的放大倍数随读出幅度而变化,对于小信号有高的放大倍数,对于大的信号有较小的放大倍数,从而得到均衡的幅度输出。

4.低通滤波器

读放大器中低通滤波器的作用,是消除高频干扰和高频寄生振荡。低通的频带是从直流到几兆赫的三阶或五阶滤波网络。对低通滤波器的要求为:

在通带内信号衰减与频率无关,相当于一个纯电阻。在截止频率 fc 以外,信号衰减很快。fc 一般为工作频率的 1.5 倍。低通滤波器的通频带图见图 3-1-38。

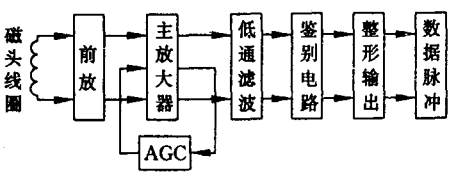


图 3-1-37 读出电路框图

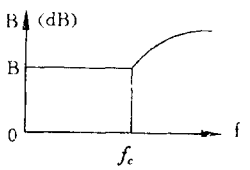


图 3-1-38 滤波器的通频带图(fc 为截止频率)

5.鉴别电路

该电路的功能是正确鉴别出 0 和 1 信号,将模拟信号转换为数字信号,鉴别电路随记录方式有所不同,一般采用幅值鉴别,峰值鉴别和过零交叉鉴别三种。

幅值鉴别简单，此种鉴别，据幅值大小来区别 0 和 1；但对读出幅值差别大的盘鉴别时门槛电平难以设置，因而很少采用。

峰值鉴别法常在硬盘机中采用，放大后的信号以微分后其峰点变为零点，这时可以用零点检 1。过零交叉鉴别电路，可以与峰值鉴别配合使用，将微分后的信号送至过零交叉鉴别电路输入端，然后可以鉴别出 1。该鉴别电路输出方波信号，以其跳变沿表示 1 信号。

6.数字滤波和整形电路

为了消除检读中出现的假零点，即虚假过零点，提高鉴别电路的可靠性；整形电路是对鉴别后的信号加以整形，然后对跳变沿进行检测，最后输出脉冲。

7.均衡电路

为消除由于脉冲拥挤造成的峰值偏移，读出幅度降低对检测的影响；用均衡电路来补偿读出信号的幅度和相位。

常用二次微分电路和时域均衡电路。

二次微分电路使读出波形压窄，以减小相邻位干扰。

时域均衡电路由延迟线、倍增器和加法器组成。主要解决脉冲传输中引起的失真，即脉冲上升沿、下降沿变坏，幅度减小等问题。

思考题：

1.硬盘机的组成分为哪几大部分，并说明硬盘机分类方法？

2.磁头定位系统分为哪几种？

3.伺服定位系统有什么优点，它有什么特点？

4.主轴电机稳速控制系统的原理是什么？

5.硬盘机读/写电路分为哪几个主要环节，简述其主要用途？

第二章　硬盘机接口

第一节　概　　述

接口是硬盘机的重要组成部分，它是硬盘机与控制器或主机之间联系的桥梁。硬盘机档次的高低，与其采用什么样的接口有很大的关系。另外，衡量硬盘机性能的一个重要指标——数据传输率，与接口有很大关系。因此，对于计算机系统设计者来说，可以不关心硬盘机的工作原理与电路结构，但必须熟悉接口和接口协议等。随着硬盘机的不断发展，各种高性能的接口标准应运而生，对计算机系统设计者而言，学习和了解各种接口标准会使系统设计更灵活，更富竞争性。而对用户来说，了解硬盘机接口以及计算机怎样与硬盘机打交道，会使其更好地使用硬盘。

硬盘机的接口一般分为两大类，即主机级接口（Host Interface）和设备级接口（Device Interface），如图 3-2-1 所示。一般来说，系统级接口智能程度较高，数据传输率也较高。这是由于硬盘控制器集成到硬盘机一侧，且在硬盘机一侧至少有一个扇区长度的缓冲器，使得主机对硬盘存取数据如同缓冲器打交道一样方便、快速。

设备级接口之控制器与硬盘机不为一体。其智能程度不及系统级接口，但它为系统设计者提供了较为灵活的选择。

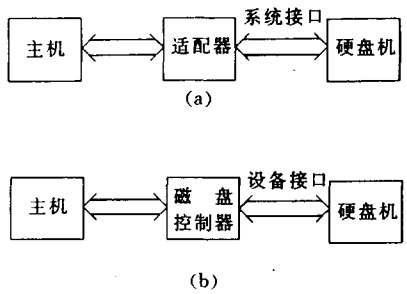


图 3-2-1　硬盘机接口

(a) 系统级接口　　(b) 设备级接口

本章主要介绍目前较为流行的四种硬盘机接口，即：SCSI、ESDI、AT 和 ST506 接口，SCSI 和 AT 为系统级接口，ESDI 和 ST506 为设备级接口。

随着大规模集成电路的迅速发展，设备的智能程度大大地提高，因此，硬盘机系统级接口的前景较为乐观。AT 接口采用的是任务寄存器方式，它设计灵活、方便。SCSI 具有很丰富的命令集，且扩充能力较强，是一种很有前途的硬盘机接口。目前已有 SCSI-Ⅱ产品问世，SCSI-Ⅲ标准亦已建立。相信很快也会出现 SCSI-Ⅲ的产品。

第二节　AT 接口

一、接口信号及脚号介绍

AT 接口是一种智能型的主机级接口（Host Interface）。它由 40 芯插头向外联接。其脚号定义列于表 3-2-1。表 3-2-1 中各信号的功能说明如下：

表 3-2-1 AT 接口信号及脚号定义

脚号	信 号 名	脚号	信 号 名
01	总清 (RESET)	02	地 (GND)
03	总线 7(DATA7)	04	总线 8(DATA8)
05	总线 6(DATA6)	06	总线 9(DATA9)
07	总线 5(DATA5)	08	总线 10(DATA10)
09	总线 4(DATA4)	10	总线 11(DATA11)
11	总线 3(DATA3)	12	总线 12(DATA12)
13	总线 2(DATA2)	14	总线 13(DATA13)
15	总线 1(DATA1)	16	总线 14(DATA14)
17	总线 0(DATA0)	18	总线 15(DATA15)
19	地 (GND)	20	键 (KEY)
21	保 留	22	地 (GND)
23	IO 写(IOW)	24	地 (GND)
25	IO 读(IOR)	26	地 (GND)
27	保 留	28	地址锁存允许(ALE)
29	保 留	30	地 (GND)
31	中断申请(IRQ14)	32	16 位指示(I/O16)
33	地址 1 (ADDR 1)	34	诊断结束(PDIAG)
35	地址 0 (ADDR 0)	36	地址 2 (ADDR 2)
37	片选 0 (CS0)	38	片选 1 (GS1)
39	主/从(SLAVE/ACTIVE)	40	地 (GND)

1. 总清(RESET)

主机系统的总清零信号,在系统加电时有效。该信号为输入信号(指从主机发向硬盘)。

2. 总线(0 ~ 15)(DATA 0 ~ 15)

16 位数据总线。低 8 位 D0 ~ D7 用于寄存器和 ECC 存取时的数据传送。数据传输时为 16 位宽度。硬盘机的所有数据、状态、命令均通过该数据总线传送。数据总线为双向、三态总线。

3.I/0 写 (I/0 W)

写选通信号。该信号的上升沿将数据总线(D0 ~ D15)的数据送入硬盘机之寄存器或数据寄存器。I/O 写为输入信号。

4.I/O 读(I/O R)

读选通信号。当该信号为低电平时,允许硬盘机上的寄存器或数据寄存器中的数据放置到数据总线上,并在该信号的上升沿将数据锁存在主机系统中。I/O 读为输入信号。

5. 地址锁存允许(ALE)

地址锁存允许信号用于确认地址线。

6. 中断申请(IRQ14)

这是一个要求主机中断的信号。该信号仅当硬盘机被选中且主机已使数字输出寄存器(Digital Output Reg)中 IEN 位(中断允许位)有效时才有效。IEN 位无效或驱动器设有被选中,

该信号线输出为高阻状态,而不管 IRQ 位(中断申请)的状态如何。中断申请由硬盘机的 CPU 置位 IRQ 位而置位,由主机读状态寄存器或写命令寄存器而复位。该信号为输出信号(硬盘机向主机传送)。

7.16 位指示(I/O 16)

该信号表示 16 位数据寄存器被寻址,且硬盘机已准备好接收或发送 16 位数据。该信号为输出信号。

8. 诊断结束(PDIAG)

当硬盘机接成"从"模式(SLAVE MODE)时,该信号之低电平表示"从"机已通过自诊断。当硬盘机接成"主"模式时(MASTER MODE),表示主、从设备均已通过自诊断。

9. 地址 0,1,2(ADDR 0,1,2)

二进制编码地址,用来选择各个任务寄存器。

10. 片选 0,1(CS 0,1)

与地址 0,1,2 一起用来选择任务寄存器。

11. 主/从选择(SLV/ACT)

这是一根可选信号线,由主设备(HOST)选择主、从设备。

二、寄存器说明

AT 接口是一种任务寄存器结构的接口。所有的输入输出操作均通过对相应的寄存器的读/写来完成的。

如果主机要对硬盘机进行写数据操作,首先用片选(CS0,1)和地址 0、1、2 进行寄存器选择,选中相应的命令寄存器和其他硬盘参数寄存器,通过数据总线将相应的命令码用 I/O 写信号写入命令寄存器,以及有关硬盘参数写入硬盘参数寄存器。要写入的数据由数据总线(16 位宽)传递至数据寄存器,通过数据寄存器存入缓冲器。AT 接口会根据命令自动将数据写到由参数寄存器指的磁道号、头号、扇区号。

如果主机要对硬盘机进行读数据操作,首先用片选(CS0,1)和地址 0、1、2 进行寄存器选择,选中相应的命令寄存器和其他硬盘参数寄存器,通过数据总线将相应的命令码用 I/O 写信号写入命令寄存器,以及有关硬盘参数写入硬盘参数寄存器(如圆柱号寄存器、扇区号寄存器等)。待硬盘机准备好数据,将状态寄存器中的 DRQ 位置位产生数据传输请求信号。主机用 I/O 读信号将接口缓冲器中的数据通过数据寄存器从数据总线上读回数据。

接口上各寄存器的地址及相应的功能列于表 3-2-2。

表 3-2-2 任务寄存器地址及说明

CS0	CS1	ADD2	ADD3	ADD0	读 功 能	写 功 能
1	1	X	X	X	NC	NC
0	0	X	X	X	非法地址	非法地址
1	0	0	X	X	高 阻	NC
1	0	1	0	X	高 阻	NC
0	1	0	0	0	数据寄存器	数据寄存器
0	1	0	0	1	错误寄存器	写预补偿寄存器
0	1	0	1	0	扇区号寄存器	扇区计数寄存器

续表

CS0	CS1	ADD2	ADD3	ADD0	读 功 能	写 功 能
0	1	0	1	1	扇区号(低)寄存器	扇区号寄存器
0	1	1	0	0	圆柱号(低)寄存器	圆柱号(低)寄存器
0	1	1	0	1	圆柱号(高)寄存器	圆柱号(高)寄存器
0	1	1	1	0	SDH 寄存器	SDH 寄存器
0	1	1	1	1	状态寄存器	命令寄存器
1	0	1	1	0	替换状态寄存器	数字输出寄存器
1	0	1	1	1	硬盘机地址寄存器	NC

表 3-2-2 中的各个寄存器说明如下：

1. 数据寄存器(DATA Reg)

所有读和写命令之数据均通过数据寄存器传送。格式化时，数据寄存器寄存扇区表。执行标识硬盘机(IDENTIFY)命令时，相应的数据也通过数据寄存器(IDENTIFY 回送的是硬盘机的物理或逻辑参数)。除了 ECC 字节，所有的数据均以 16 位高速传输，ECC 字节是在数据传输完后，由低 8 位数据寄存器传输(执行长(LONG)命令)。

2. 错误寄存器(ERROR Reg)

错误寄存器寄存硬盘机上次命令结束时的状态。仅当状态寄存器中出错位(ER)置位时，错误寄存器中的内容才有效。若硬盘机刚加电或完成内部自诊断，则错误寄存器的内容为状态码。

错误寄存器和各位定义如下：

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	BBK	UNC		IDNF		ABRT	TK0	

BBK　表示在所要寻址的扇区 ID 字段检到坏块标志。

UNC　表示遇到不可恢复的读数据错。

IDNF　表示所要寻址的扇区 ID 找不到。

ABRT　表示当出现硬盘机状态错(如没有准备好，写故障等)或非法命令时，正在执行的命令被终止。

TK0　表示在归零命令时，00 道没找到。

3. 写预补偿寄存器(WRITE PRECOMP Reg)

该寄存器早先作为写预补偿寄存器，目前仅作允许或不允许前向读(LOOKAHEAD READ)功能之用(所谓 LOOKAHEAD READ 在硬盘硬盘机是这样一种功能：一般认为 DOS 安排文件时总是将相关文件放在相邻处，那么当主机调用文件时，硬盘机总是将指定的文件读入硬盘缓冲器，同时将该指定文件附近的硬盘数据也一同读入，填满整个缓冲器。这样，当接下来，主机再要求读文件时，有很大可能，该文件已被读入缓冲器，因而主机读取该文件就像访问内存一样快速，省去了找道的时间。这个功能就称为前向读(LOOKAHEAD READ))。

4. 扇区计数寄存器(SECTOR Reg)

扇区计数寄存器规定要进行数据读写的扇区数。若该寄存器内容为0,则表示要读写的长度为256个扇区。每读写一个扇区,该寄存器减1。当执行初始化硬盘机命令时,该寄存器的内容为每道的扇区数。

5. 扇区号寄存器(SECTOR NUMBER Reg)

该寄存器保存起始扇区地址。在每个扇区末了和命令结束时,该寄存器被刷新指示刚刚正确读完或写完的那个扇区号。若遇到出错,则指示出错的那个扇区号。在多个扇区传输中,该寄存器指示下一个要读、写的扇区号。

6. 圆柱号(低)寄存器(CYLINDER LOW Reg)

圆柱号(低)寄存器保存起始圆柱号的低8位。在每个扇区末了和命令结束时,该寄存器刷新,指示当前圆柱号。

7. 圆柱号(高)寄存器(CYLINDER HIGH Reg)

圆柱号(高)寄存器寄存起始圆柱号的高2位在每个扇区末了或命令结束时,该寄存器刷新指示当前圆柱号。

8.SDH寄存器(SDH Reg)

该寄存器寄存硬盘机号和头选号,定义如下:

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	保留	0	1	DRV	H	H	H	H

DRV 二进制编码的硬盘机选择号。该位置位,则选中主硬盘机(MASTER);反之,选中从硬盘机(SLAVE)。

H 4位二进制编码之头选号。在每个扇区末了和命令结束时,该寄存器刷新指示当前选中的头号。该寄存器的第5、第6位的值为01,表示扇区长度为512字节。

9. 状态寄存器(STATUS Reg)

该寄存器寄存硬盘机/控制器之状态。每个命令结束,该寄存器内容被刷新。如果忙位(Busy)有效,则其他所有位均无效。主设备(Host)通过读该寄存器来确认中断。只要该寄存器被读,任何中断信号均被清除。状态寄存器中的各位定义如下:

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	BSY	DRDY	DWF	DSC	DRQ	CORR	IDX	ERR

BSY 忙位。只要硬盘机对寄存器进行存取,该位便置位。且主设备(HOST)不能进行寄存器操作。凡符合下列情况之一,BSY置位。

(1)接口上或数字输出寄存器(Digital Output Reg)中的总清信号(Reset)有效时,BSY置位。

(2)主设备(HOST)对命令寄存器写入读(READ),读长(READ LONG),读缓冲(READ BUFFER),寻找(SEEK),归零(RECALL),初始化硬盘机参数(INITIALIZE DRIVE PARAMETERS),校验(VERIFY)或诊断(DIAGNOSTIC)命令后,立即置位BSY。

(3)在主设备(HOST)对命令寄存器写入写(WRITE),格式化磁道(FORMAT TRACK)或写缓冲(WRIT BUFFER)命令后传输512字节,立即置位BSY。

(4)在主设备(HOST)对命令寄存器写入写长(WRITE LONG)命令后,传输512字节数据和

4 字节 ECC,立即置位 BSY。

只要 BSY 位置位(有效),主设备就不能读任务寄存器,而只能读状态寄存器。

DRDY　硬盘机准备好。该信号表示硬盘机已到速、且准备好接收命令。当有错误出现时,该位信号乃表示该时刻硬盘机准备好的状态,且保持不变,直到主设备读 回状态寄存器为止。

DWF　硬盘机写故障。当硬盘机有错误出现时,该位信号乃表示该时刻硬盘机写故障的状态,且保持不变,直到主设备读回状态寄存器为止。

DSC　硬盘机寻找完成信号。该位表示磁头找道已完成。当硬盘机有错误出现时,该信号仍表示该时刻硬盘机寻找的状态,直到主设备读回状态为止。

CORR　软错指示位。该位表示遇到了一个可纠的数据错且已纠正。

IDX　索引位。硬盘每转一圈,该位有效一次。表示磁道的起始。

ERR　错误位。它表示上次命令被某种错误所终止。错误的类型由状态寄存器中的其他位和错误寄存器来说明。

10. 命令寄存器(COMMAND Reg)

主设备通过向该寄存器写 8 位命令码,向硬盘机发相应的命令。命令在该寄存器被写后,立即执行。表 3-2-3 定义了可执行的命令码及该命令必须跟随的参数。

表 3-2-3　命令码及其参数

命令名称	命令码								所需参数			
									SC	SN	CY	SDH
归零	0	0	0	1	X	X	X	X	N	N	N	D
读扇区	0	0	1	0	0	0	L	R	Y	Y	Y	Y
写扇区	0	0	1	1	0	0	L	R	Y	Y	Y	Y
读校验	0	1	0	0	0	0	0	R	Y	Y	Y	Y
格式化	0	1	0	1	0	0	0	0	N	N	Y	Y
寻找	0	1	1	1	X	X	X	X	N	N	Y	Y
诊断	1	0	0	1	0	0	0	0	N	N	N	D
初始化硬盘机参数	1	0	0	1	0	0	0	1	N	N	N	Y
读多扇区	1	1	0	0	0	1	0	0	Y	Y	Y	Y
写多扇区	1	1	0	0	0	1	0	1	Y	Y	Y	Y
置多个模式	1	1	0	0	0	1	1	0	Y	N	N	D
供电命令	1	1	1	0	0	P	P	P	Y	N	N	D
读缓冲	1	1	1	0	0	1	0	0	N	N	N	D
写缓冲	1	1	1	0	1	0	0	0	N	N	N	D
标识驱动器	1	1	1	0	1	1	0	0	N	N	N	D
置缓冲方式	1	1	1	0	1	1	1	1	N	N	N	D

表中

L——长命令(LONG),如为 1,则读/写命令为长命令,即数据传输完后,紧接着传输 ECC 字节。如为 0,则为正常读/写命令;

R——重试位,0 为允许重试,1 为不允许重试;

P——供电命令中的有效位;

X——任意值;

SC——扇区计数寄存器;

SN——扇区号寄存器;

CY——圆柱号寄存器;

SDH——设备号、头号寄存器(SDH Reg);

Y——表示该命令需要附带的参数;

N——表示该命令不需要附带的参数;

D——表示只要硬盘机号。

11. 替换状态寄存器(ALTERNATE STATUS Reg)

该寄存器的内容与状态寄存器相同。唯一不同的是读该寄存器并不清除中断,也不意味着对中断的确认。

12. 数字输出寄存器(DIGITAL OUTPUT Reg)

该寄存器只有两位信号,如下所示:

位	7	6	5	4	3	2	1	0
						SRST	IEN	

IEN 中断允许位。当该位有效且硬盘机选中,中断才被允许。

SRST 软清除位。当该位有效,则硬盘机处于清除状态(RESET)。如果两台驱动器按菊键状联接,那么该位有效时,两台硬盘机同时处于清除状态。

13. 硬盘机地址寄存器(DRIVE ADDRESS Reg)

该寄存器返回当前选中的硬盘机之设备号和头选号。其各位定义如下:

位	7	6	5	4	3	2	1	0
	保留	WTG	HS3	HS2	HS1	HS0	DS1	DS0

WTG 写选通信号。

HS0 ~ HS3 2 的补码形式之头选号。

DS0,DS1 设备号。

第三节 SCSI 接口

SCSI 接口是小型计算机系统接口(SMALL COMPUTER SYSTEM INTERFACE) 的缩写,它由 8 位数据总线、1 位奇偶校验和 9 条控制信号线组成。最多可在 SCSI 接口上连接 8 台设备,具有异步和同步两种数据传输方式。异步方式数据传输率为 1.5MB/s, 同步方式可达 4MB/s。目前,许多硬盘机生产厂家采用这种高性能的接口作为硬盘机接口,将硬盘控制器集成到硬盘机电路板上,使得硬盘机性能得以提高。

一、信号定义及说明

SCSI 接口的信号及脚号定义列于表 3-2-4,其信号定义如下:

(1)DB0 ~ DB7　8 位双向数据总线,用于传输数据状态和消息。

(2)DB(P)　奇偶校验位。

(3)忙(BUSY)　表示总线正在使用。

(4)选择(SELECT)　表示在选择阶段(SELECT PHASE)启动设备选择目标设备,或在重选阶段目标设备选择启动设备。

表 3-2-4　SCSI 接口信号及脚号定义

信号名	脚号	信　号　名	脚号
DB(0)	2	地	28
DB(1)	4	地	30
DB(2)	6	注意(ATTENTION)	32
DB(3)	8	地	34
DB(4)	10	忙(BUSY)	36
DB(5)	12	确认(ACKNOWLEDGE)	38
DB(6)	14	清除(RESET)	40
DB(7)	16	消息(MESSAGE)	42
DB(P)	18	选择(SELECT)	44
地	20	控制/数据(CONTROL/DATA)	46
地	22	请求(REQUEST)	48
地	24	输入/输出(INPUT/OUTPUT)	50
匹配电源	26		

(5)控制/数据(CONTROL/DATA)　这是由目标设备输出的信号,用来区别总线上传输的控制命令或数据;该信号为真时,表示总线上传输的为控制信息(命令、状态和消息)。如为假则表示总线上传输的为数据。

(6)输入/输出(INPUT/OUTPUT)　这是由目标设备输出的信号用来决定总线上数据的流向,该信号为真时,总线上数据由目标设备传向启动设备;为假则由启动设备传向目标设备。

(7)消息(MESSAGE)　在消息阶段(MESSAGE PHASE)由目标设备输出信号,其作用是区分消息和其他命令/状态/数据信息。该信号为真时,总线上传输的为消息。为假时,则总线上传输的为命令/状态/数据信息。

(8)请求(REQUEST)　由目标设备输出的信号与确认信号一起构成数据传输的握手协议。

(9)确认(ACKNOWLEDGE)　由启动设备输出的信号与请求信号一起构成数据传输之握手协议。

(10)注意(ATTENTION)　该信号由启动设备输出,表示注意条件存在(启动设备请求目标设备接受一个消息)。

(11)清除(RESET)　为复位清除信号,所有设备均可以输出该信号设备检测到清除信号后必须释放全部信号即停止使用总线。

SCSI 总线能够连接的设备共有 8 台，每台设备均有自己的标识码 ID。ID 码通过总线送出。在同一时刻 SCSI 只允许 2 台设备进行通信。在 SCSI 总线上连接的设备被分作二类，即启动设备(INITIALOR)和目标设备(TARGET)。启动设备是发命令的设备，目标设备是接受命令、执行命令的设备。总线上的设备可以是单个启动设备、单个目标设备，如图 3-2-1(a)所示，或单个启动设备多个目标设备，如图 3-2-1(b)所示，也可以是多个启动设备多个目标设备，如图 3-2-1(c)所示。

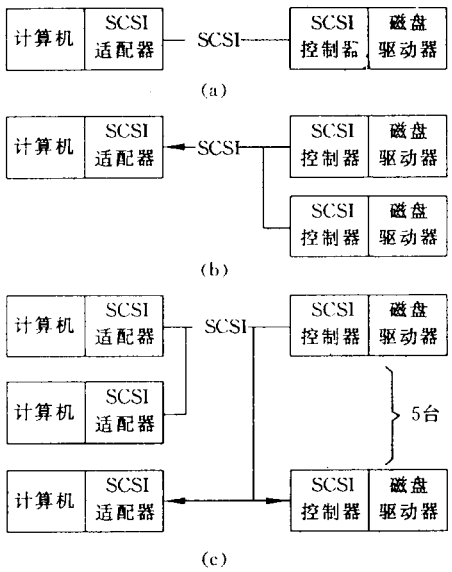


图 3-2-1　SCSI 系统构成

要注意的是，这种连接在 SCSI 总线上的设备，并不是主机或硬盘机等具体设备。它可以是主机加 SCSI 适配器，也可以是带几台硬盘机的硬盘控制器或 SCSI 接口驱动器等，如图 3-2-2 所示。因此，在 SCSI 总线上，并不是主机就是启动设备；硬盘驱动器、控制器就是目标设备。各个设备可以是启动设备，也可以是目标设备。例如图 3-2-2(a)中 ID0 的硬盘控制器是启动设备，它可以从与 ID2 硬盘控制器连接的硬盘机上读取数据，并将该数据写入与 ID0 控制器相连的硬盘机上。也就是说，所谓启动设备和目标设备是由当时的运行状态决定的，而不是按设备规定的。但是，在实际设计时，大多设备要么仅具有启动设备的功能，要么仅具有目标设备的功能。如挂在 SCSI 接口上的硬盘机大多为目标设备。

SCSI 总线上的设备，其数据传送的主动权在于目标设备。启动设备必须按目标设备的请求传送数据，其自身不能请求数据，而只能以目标设备送入的形式读取数据。目标设备不仅掌握着数据传送的主动权，而且还掌握着总线状态管理的主动权。而启动设备是被动的。如启动设备向目标设备传送 1 字节数据，其传送顺序为：

①目标设备输出请求(REQ)信号；

②启动设备检测到 REQ 后，将数据输出至总线上；

③启动设备输出确认(ACK)信号；

④目标设备检测到 ACK 后，立即读入数据，撤消 REQ 信号；

⑤启动设备检测到 REQ 撤消，即撤消 ACK。

目标设备向启动设备传送 1 字节数据的顺序为：

①目标设备输出数据至总线上；

②目标设备输出 REQ 信号；

③启动设备检测到 REQ 后，立即读入数据并输出确认(ACK)信号；

④目标设备检测到 ACK 后，立即撤消 REQ。

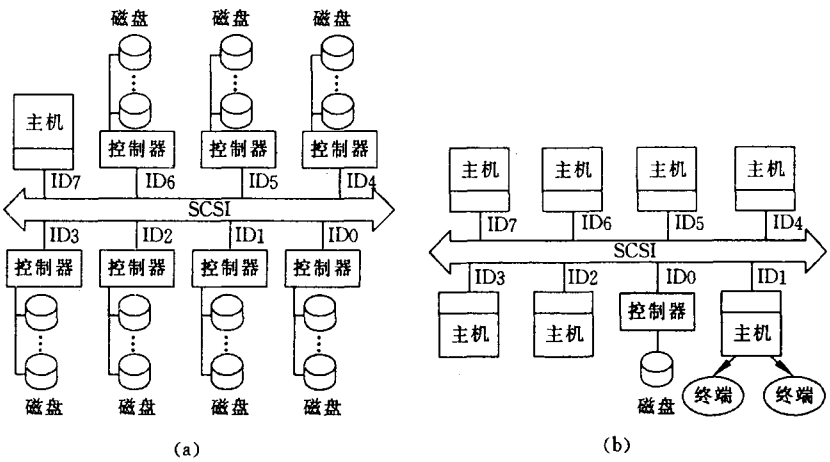


图 3-2-2　SCSI 系统联接

二、SCSI 的阶段(PHASE)

SCSI 总线上启动设备与目标设备之间的数据、状态等信息的传递，都要通过总线进行。而总线的使用是分阶段进行的。SCSI 总线分为 8 个阶段：总线空闲阶段，仲裁阶段，选择阶段，重选阶段，命令阶段，数据阶段，状态阶段，消息阶段。

各个阶段之间的转换顺序如图 3-2-3 所示。下面对各阶段进行介绍：

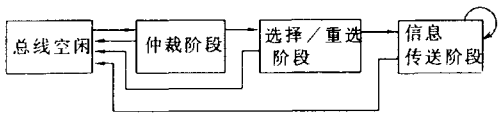


图 3-2-3　SCSI 阶段转换图

(1)总线空闲阶段(BUS FREE PHASE)　指任何设备都未使用 SCSI 总线的状态。任何阶段执行结束后都可以进入总线空闲阶段。

(2)仲裁阶段(ARBITRATION PHASE)　指决定 SCSI 总线使用权的阶段。所有设备都可以进入该阶段。但只能由总线空闲阶段才能进入仲裁阶段。该阶段允许一台 SCSI 设备获得总线控制权。当检测到总线空闲时，各个想获得总线使用的设备均可以将自己的 ID 码放置到总线上，并置 SEL 信号，进行总线仲裁。经过仲裁延迟后，各设备检查总线是否有比自己大的 ID 码；若无，则获得总线；若有，则没有赢得总线，那么必须释放总线，退出仲裁。

(3)选择阶段(SELECTION PHASE)　指仲裁阶段赢得总线使用权的启动设备选择所要使用的目标设备的阶段。该阶段允许启动设备选择一个目标设备以启动目标功能(即读/写命令等)。在选择阶段输入/输出 (I/O)信号必须为 0，以区别重选阶段(RESELECTION PHASE)。

(4)重选阶段(RESELECTION PHASE)　指目标设备被启动设备断开后，重新选择启动设备

的阶段。断开是 SCSI 总线的一种功能。SCSI 总线能够连接许多设备，但是能够使用总线的只有一对启动设备和目标设备。有时目标设备在执行启动设备的命令是非常耗时的。这时，希望目标设备能够释放总线让其他设备享用总线。这就是断开功能。重选阶段允许目标设备重新连接启动设备，并继续进行由该被断开过的启动设备启动的操作命令。

(5)信息传送阶段(INFORMATION TRANSFER PHASES) 命令阶段、数据阶段和消息阶段由于均要使用到总线，故而一并称为信息传送阶段。控制/数据(C/D)、输入/输出(I/O)和消息(MSG) 三根信号线用于区别这三个阶段。目标设备不但驱动这三根信号线，还控制这三根信号线的变化，以产生不同的阶段，如表 3-2-5 所示。在信息传输阶段中，传送的方向由 I/O 信号决定。I/O 为真时，目标设备对启动设备传送。总线上的信息传输由请求/确认握手协议控制，每一次请求/确认握手传送一个字节的信息。

表 3-2-5 各阶段信号状态及传送方向

SEL	MSG	C/D	I/O	状 态	传送方向
1	X	X	0	选 择	I→T
1	X	X	1	重 选	T→I
0	0	0	0	数据输出	I→T
0	0	0	1	数据输入	T→I
0	0	1	0	命 令	I→T
0	0	1	1	状 态	T→I
0	1	0	0	未定义	
0	1	0	1	未定义	
0	1	1	0	消息输出	I→T
0	1	1	1	消息输入	T→I

注：X——任意状态；I——启动设备；T——目标设备。

(6)命令阶段(COMMAND PHASE) 命令阶段是从启动设备向目标设备传送命令的阶段。目标设备为了从启动设备读取命令将 MSG 和 I/O 信号置“假”，将 C/D 置为“真”，从而进入该阶段，然后将 REQ 信号置“真”以等待命令的第一个字节。最后用 REQ/ACK 握手协议传送命令。命令形式按组分成 6 字节命令，10 字节命令和 12 字节命令等，见表 3-2-6。

表 3-2-6 命令形式及组别

组码	命令格式
0	6 字节
1	10 字节
2	未定义
3	未定义
4	未定义
5	12 字节
6	厂家独特
7	厂家独特

图 3-2-4 所示的是 6 字节命令的例子。这样的命令结构称为命令描述块(CDB),命令必须以这样的方式才能传输。

字节	7 6 5	4 3 2 1 0
0	组 码	命 令 码
1	逻辑设备号	逻辑块地址(高 位)
2	逻辑块地址	
3	逻辑块地址(低 位)	
4	传输长度	
5	控制字节	

图 3-2-4 典型 6 字节命令描述块

(7)状态阶段(STATUS PHASE) 状态阶段是目标设备向启动设备传送状态信息时使用的阶段。把 MSG 置"假",C/D 和 I/O 置"真",就进入该阶段。状态信息是一个字节的数据,其作用是把启动设备传送过来的命令执行结果通知启动设备。

(8)消息阶段(MESSAGE PHASE) 目标设备把 MSG 和 C/D 置为"真",进入该阶段。SCSI 设备通过消息的输入输出管理总线或决定总线的使用方法。所有的 SCSI 设备具有命令完成消息。表 3-2-7 所列为各消息。

表 3-2-7 各种消息

代码	形式	说 明	方 向
00H	必须	命令完成	I←T
01H	任选	扩展消息	I←T
02H	任选	保存数据指针	I←T
03H	任选	重写指针	I←T
04H	任选	断开	I←T
05H	任选		
06H	任选		
07H	任选		
08H	任选		
09H	任选		
0AH	任选		
0BH	任选		
0CH	任选		
0DH	未定义	未定义	
80H ~ FFH	任选	识别	I←T

三、SCSI 命令执行举例

1. 单个命令举例

主机向硬盘机之类的外部设备发一个读数据命令是典型的 SCSI 操作。其 SCSI 时序流程

如图 3-2-5 所示。主机经仲裁获得总线使用权后，进入选择目标设备的阶段。作为启动设备的主机，选中硬盘机为目标设备后即开始进行命令阶段。主机向硬盘机传送命令描述块。在本例中，命令描述块中的命令码为读命令。硬盘机接到命令描述块后立即开始执行命令。待数据准备好后，开始向主机传送数据，也就是进入了数据阶段。数据传送完毕，进入状态阶段。目标设备向启动设备(主机)传送 1 个字节的状态。若命令正常结束，就把 00H(正常状态)传送给启动设备。若异常结束，即出现读错误，就把 02H(校验状态)传送给启动设备，状态阶段结束后，总线进入消息阶段。目标设备将命令完成消息送出。然后总线进入空闲阶段。在整个过程中，主机和硬盘机一直占用着总线，其它 SCSI 设备不得使用总线。

Retro Workshop 果粉工作室

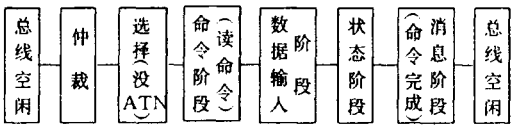


图 3-2-5　SCSI 时序流程

2. 断开举例

SCSI 总线能够连接许多设备。但实际上能够使用总线的设备，只有经仲裁获得总线控制权的设备和其所选择的设备，即只有一对启动设备和目标设备可使用总线。但是，目标设备在执行启动设备的命令时，有时非常耗时。例如：把 300MB 的硬盘全部格式化时，启动设备只需发出一个命令描述块，而目标设备执行该命令需要 10min。在这种情况下，目标设备始终处于 BSY 状态，启动设备等待正常状态信息和命令完成信息。若在这段时间里能释放总线，则其它设备也能开始工作。基于这一点考虑，设置了断开/连接功能。

现仍以主机发出一个读数据命令为例，介绍断开/连接操作。图 3-2-6 为断开/连接 SCSI 总线时序流程图。假设硬盘在读数据前需找道。对于支持断开的 SCSI 设备，仲裁结束后，获得总线的启动设备在选择阶段将 ATN 置“真”，通知目标设备有消息输出。该消息为识别消息，包含有支持断开的信息。然后发出命令。目标设备接到命令后(在本例中为读数据命令)，由于要找道，故先发出消息，要求断开，释放总线，再进行读数据，待数据准备好后，经仲裁、连接，发出消息，将目标设备从断开处重新连接起来，从而进入数据输入阶段。如果数据长度较长，目标设备传输一部分数据后还得找道。那么，还可以发出消息，再次断开，但是，数据存储器断开处的地址必须保存起来。因此，目标设备发出保存数据指针，然后再发断开消息，释放总线。待数据准备好后，再经仲裁、连接、数据传输，所有数据传输完毕，总线进入状态阶段，目标设备将命令完成状态送出。然后再进入消息阶段，传送命令完成消息。至此命令执行完毕，总线进入空闲阶段。

SCSI 总线各阶段各个信号之波形如图 3-2-7 所示。

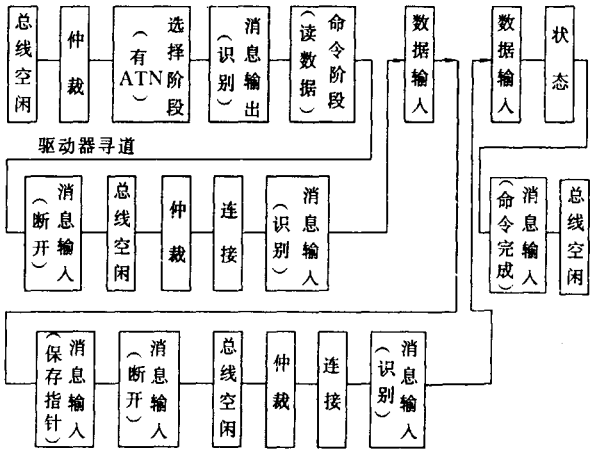


图 3-2-6　断开/连接流程图

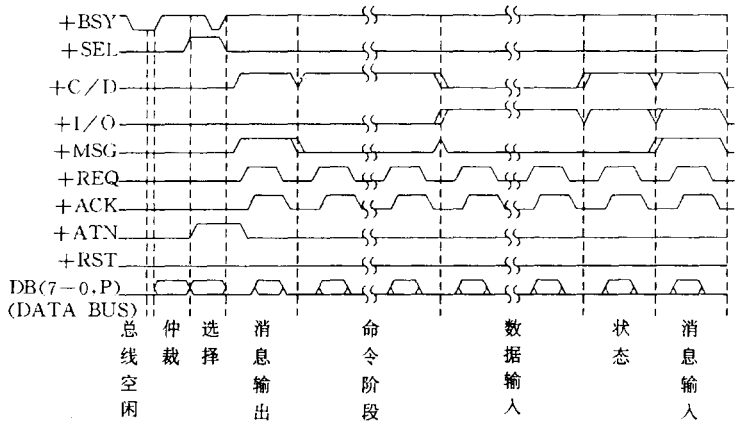


图 3-2-7　总线波形图

第四节　ESDI 接口

ESDI 是英文 ENHANCED SMALL DEVICE INTERFACE 的缩写。ESDI 接口是一种设备级接口，有串行、步进两种模式。串行模式在命令和状态的传输过程中使用串行命令传输方式。每次传输命令或状态时，利用传输请求(TRANSFER REQ)和传输确认(TRANSFER ACK)两个握手信号将 16 位命令字或状态字在接口之间传输。而步进方式则不同，其命令和状态均有相应的信号线来表示，因此控制方式较为简单。两种模式的数据传输基本一致。

ESDI 接口的串行模式具有智能，目前采用 ESDI 接口的硬盘机大都采用这种模式，而步进方式主要为继承 ST506 接口的特点而设的。它与 ST506 接口(见下节)非常相似。目前 ESDI 步进方式已较少见。

ESDI 接口在物理上采用 34 芯的命令电缆及 20 芯的数据电缆。其信号定义及脚号列于表 3-2-8 及表 3-2-9。

表 3-2-8 信号及脚号定义

	信号名		信号脚	接地脚号
	串行模式	步进模式		
命令电缆	头选 2^3	头选 2/换盘	2	1
	头选 2^2	头选 2	4	3
	写令	写令	6	5
	构成/状态	寻找完成	8	7
	传输确认	000 磁道	10	9
	注意	写故障	12	11
	头选 2^0	头选 2	14	13
	扇区/字节时钟/地址标志找到	扇区/字节时钟/地址标志找到	16	15
	头选 2^1	头选 2	18	17
	索引	索引	20	19
	准备好	准备好	22	21
	传输请求	步进	24	23
	设备选 1	准备选 1	26	25
	设备选 2	准备选 2	28	27
	设备选 3	准备选 3	30	29
	读令	读令	32	31
	命令数据	方向	34	33
数据电缆	设备选中	设备选中	1	6
	扇区/字节时钟/地址标志找到	扇区/字节时钟/地址标志找到	2	
	命令完成	寻找完成	3	
	地址标志允许	地址标志允许	4	
	备用	写保护	5	
	+/-写时钟	+/-写时钟	7/8	
	备用	换盘	9	
	+/-读参考时钟	+/-读参考时钟	10/11	12
	+/-NRZ 写数据	+/-NRZ 写数据	13/14	15/16
	+/-NRZ 读数据	+/-NRZ 读数据	17/18	19
	索引	索引	20	

表 3-2-9 命令修饰位定义的构成信息

命令修饰位				功能
11	10	9	8	
0	0	0	0	硬盘机和格式的总构成
0	0	0	1	磁道数、固定盘
0	0	1	0	磁道数、可换盘
0	0	1	1	磁头数
0	1	0	0	每道非格式化最少字节数
0	1	0	1	每扇区非格式化最少字节数
0	1	1	0	每道扇区数(硬分段)
0	1	1	1	扇区索引间隔区最少字节数
1	0	0	0	PLO 同步区最少字节数
1	0	0	1	生产厂家独特状态字数

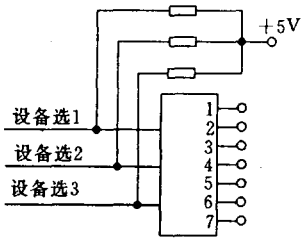
下面对各信号线分别进行说明。

一、控制输入信号线

控制输入信号线有两类，一类在多台硬盘机联接情况下是多路选择的。如写令、读令、头选 2^0、头选 2^1、头选 2^2、头选 2^3，传输请求(串行)，命令数据(串行)，步进(步进方式)，方向(步进方式)。它们由设备选择 1，设备选 2，设备选 3 进行多路选择。另一类为非多路的，如地址标志允许等。

1. 设备选 1、2、3(DRIVE SELECT 1、2、3)

三根设备选信号选择不同的硬盘机。在串行方式中，最多可菊链 7 台硬盘机，因此是三根设备选的译码，其中译码 000 不作选择，如图 3-2-8 所示。在步进方式中，最多只能菊链三台硬盘机，每根设备选选择一台硬盘机，如图 3-2-9 所示。



选中的驱动器	设备选1	设备选2	设备选3
NONE	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

图 3-2-8　串行方式设备选及译码表

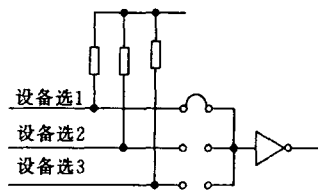


图 3-2-9　步进方式设备选

2. 头选 2^0、2^1、2^2、2^3(HEAD SELECT 2^0、2^1、2^2、2^3)

四根头选信号以二进制编码形式选择每一个读/写磁头。头选 2^0 为最低位。磁头编码号为 0～15。当头选线均为高电平时(无效)，0 号头被选中。在串行方式中，若要选择大于 15 的磁头号，可用选头组命令。在步进方式中头选 2^3，还有一个替换功能，用作可换盘硬盘机的换盘信号。当它为低电平(有效)时，使硬盘机停转，以允许换盘操作。

在写操作时，若头选超过硬盘机所具有的磁头个数，那么会产生写故障。

3. 写令(WRITE GATE)

该信号为“真”时(低电平)，允许写操作。

4. 读令(READ GATE)

该信号为“真”(低电平)时，允许读操作。

5. 方向(DIRECTION)(步进方式)

方向信号定义有步进脉冲时，磁头运动的方向为：该信号高电平时，磁头向“外”运动(即向道号小的方向)。当该信号为低电平时，磁头向“内”(即道号大的方向)运动。

6. 步进(STEP)(步进方式)

该信号线上的每一个负脉冲使磁头向由方向信号定义的方向上移动一个磁道。根据该信号线上的脉冲频率的高低，硬盘机以慢速找道和缓冲找道两种方式找道。慢速找道方式下步进脉冲周期最小为 3ms；缓冲找道方式下步进脉冲的周期最大为 200μs，最小为 4μs。

7. 命令数据(COMMAND DATA)(串行方式)

当有命令时，该信号线上出现如图 3-2-10 所示格式的串行数据和 1 位奇偶校验信息。这

些数据由传输请求和传输确认握手协议控制，如图 3-2-11 所示。根据收到的串行数据，硬盘机执行所要求的操作。数据以最高位先发送的方式发送。奇偶校验采用奇校验即命令位中的“1”个数加上校验位必须为奇数。

15 14 13 12	11 10 9 8	7 6 5 4 3 2 1 0	P
命令码	命令修饰码	全“0”	P
命令码	命令参数		P

图 3-2-10　串行数据格式

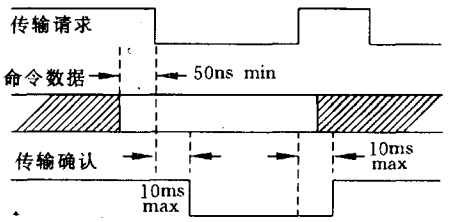


图 3-2-11　命令数据定义

命令数据定义说明如下：

(1)找道命令(SEEK)　这个命令使硬盘机进行找道操作。磁道号由命令数据的 0～11 位定义。

(2)归零(RECAL)　这个命令使磁头回到 00 磁道。

(3)请求状态(REQUEST STATUS)　这个命令使硬盘机发送 16 位标准或生产厂家独特状态信息给控制器。若命令修饰位(11～8)为 0000，则送标准状态，命令修饰位为 0001～1111 则送生产厂家独特状态。这些状态信息在构成/状态线上送回。其定义列于表 3-2-9。

(4)请求构成(REQUEST CONFIGURATION)　该命令请硬盘机发送构成信息给控制器。所请求构成信息的内容由命令修饰位定义。回送信息在构成/状态线传送。见表 3-2-13。

(5)选头组(SELECT HEAD GROUP)　这是个任选的命令。该命令选择一组 16 个磁头。磁头 0～15 为 0 组。命令字中 4～7 位用来选择头组。第 4 位为 1 则选 1 组，第 5 位为 1 选 2 组。每个组中的磁头号由 4 根头选线选择。

(6)控制(CONTROL)　该命令使硬盘机执行由命令后跟随的命名修饰位(8～11 位)中规定的操作。其定义列于表 3-2-10。

表 3-2-10　控制命令修饰位定义

命令修饰位				功　能
11	10	9	8	
0	0	0	0	清除接口注意和标准状态
0	0	0	1	备用
0	0	1	0	关主轴电机(可选)
0	0	1	1	启动主轴电机(可选)
0	1	0	0	
		↕		备用
1	1	1	1	

(7)数据选通偏移(DATA STROBE OFFSET)　这是一个任选命令。该命令使硬盘机的数据选通时间按命令修饰位规定的方向和时间进行偏移。其定义列于表 3-2-11。执行找道和归零命令后，数据选通偏移清零。

表 3-2-11　数据选通偏移修饰位

命令修饰位				功　能
11	10	9	8	
0	0	0	0	清 OFFSET 至 0
0	0	0	1	清 OFFSET 至 0
0	0	1	0	提前选通 1
0	0	1	1	滞后选通 1
0	1	0	0	提前选通 2
0	1	0	1	滞后选通 2
0	1	1	0	提前选通 3
0	1	1	1	滞后选通 3
1	X	X	X	备　用

(8)磁道偏移(TRACK OFFSET)　这是一个任选命令。它使硬盘机执行命令修饰位规定的磁道偏移操作。其定义列于表 3-2-12,执行找道和归零命令后，磁道偏移清零。

表 3-2-12　磁道偏移修饰位

命令修饰位				功　能
11	10	9	8	
0	0	0	0	清偏移至 0
0	0	0	1	清偏移至 0
0	0	1	0	正向偏移 1
0	0	1	1	负向偏移 1
0	1	0	0	正向偏移 2
0	1	0	1	负向偏移 2
0	1	1	0	正向偏移 3
0	1	1	1	负向偏移 3
1	X	X	X	备　用

(9)诊断(INITIATE DIAGNOSTICS)　这是个任选命令。它使硬盘机执行内部诊断。

(10)置每扇区非格式化字节数(SET UNFORMATTED BYTE PER SECTOR)　这是个任选命令。它使硬盘机回送每扇区非格式化字节数。该命令仅在硬扇区中有效。

8. 传输请求(TRANSFER REQUEST)

该信号线与传输确认构成握手协议，用于传输命令和构成/状态信息。

9. 地址标志允许(ADDRESS MARK ENABLE)

当写命令有效时，该信号将地址标志写入盘面。地址标志有效时间为 24 位时间。在步进方式中，该信号为任选信号。

二、控制输出信号线

控制输出信号线均为硬盘机输出，且由硬盘机选择线来选通。

1. 硬盘机选中(DRIVE SELECTED)

硬盘机的状态线，它表示硬盘机已被选中。

2. 准备好(READY)

该信号表示硬盘机已到速。当它为"真"时，与命令完成(串行方式)或寻找完成(步进方式)一起表示硬盘机已准备好执行读、写或寻找操作；若该信号为"假"，则所有的写操作和寻找操作被禁止。

3. 寻找完成(SEEK COMPLETE)(步进方式)

该信号表示上次寻找操作命令结束后硬盘机的状态。当它有效时，表示磁头已定位且稳定于目的磁道上。

4. 000 磁道(TRACK 000)(步进方式)

该信号低电平(有效)时表示磁头定位于 000 磁道。

5. 写故障(WRITE FAULT)(步进方式)

该信号表示硬盘机有写故障条件存在。当该信号为低电平时，将不允许再进行写操作。凡有下列情况之一被认为存在写故障：

(1)有写令没有写电流或有写电流没有写令。

(2)写操作时多头选、无头选或非法头选。

(3)定位偏离道中心时有写操作。

(4)写保护时有写令。

(5)读、写命令同时有效。

6. 构成/状态(CONFIGURATION/STATUS DATA)

根据控制器的请求，硬盘机将 16 位构成/状态数据通过该信号线，按照传输请求和传输确认握手协议传输给控制器。最高位先发送。

对于请求构成命令，16 位构成信息将回送至控制器。如命令字中命令修饰位为 0000，则回送总构成信息。总构成信息列于表 3-2-13 所示。如命令修饰位不为 0000，则按其相应的构成信息传送。

对于请求状态命令，则该信号线上传输 16 位状态信息。在 16 位状态信息中 15 ~ 12 位为状态位，11 ~ 0 位为故障或状态改变位。若 11 ~ 0 位上任一位有效将会产生一个注意(ATTENTION)信号。状态信息如表 3-2-14 所示。

表 3-2-13　总构成信息

位	功　　能
15	磁带硬盘机
14	需要格式化转速容差间隔
13	磁道偏移选择有效
12	数据选通偏移选择有效
11	传速容差大于 0.5%
10	传输率大于 10MHz
9	传输率大于 5MHz(且小于等于 10MHz)
8	传输率小于等于 5MHz
7	可换盘

续表

位	功　　能
6	固定盘
5	主轴控制可选有效
4	头切换时间大于 5μs
3	PLL 编码方式
2	控制器软分段(地址标志)
1	硬盘机硬分段(扇区脉冲)
0	控制器硬分段(字节时钟)

表 3-2-14　状态信息

位	功　　能
15	备用
14	可换盘没安装
13	可换盘写保护
12	固定盘写保护
11	备用
10	备用
9	主轴停转
8	存在加电清除条件
7	命令数据奇偶校验错
6	接口故障
5	非法或无效命令错
4	寻找错
3	磁道偏移时有写令
2	生产厂家独特状态有效
1	写故障
0	已换盘(上次状态请求后已换盘)

7. 传输确认(TRANSFER ACK)(串行方式)

该信号在命令和构成/状态信息传输过程中与传输请求一起构成握手协议。

8. 注意(ATTENTION)(串行方式)

当硬盘机要控制器请求状态时，输出该信号，这个信号通常是故障或状态改变时产生。

9. 索引(INDEX)

硬盘机每转给出一个索引表示磁道的起始。

10. 扇区/字节时钟/地址标志找到(SECTOR/BYTE CLOCK/ADDRESS MARK FOUND)

这三个互异的信号共用同一根信号线，硬盘机必须提供三个信号中的一个。扇区信号是硬盘机硬分段给出的信号，表示扇区的起始。字节时钟是控制器硬分段所需的信号，它为参考时钟的 8 分频。控制器用它来决定扇区的起始和长度。地址标志找到为控制器软分段所需

的信号，它表示一个区段的开始。

11. 写保护(WRITE PROTECTED)(步进方式)

这是一个任选信号。当它为真时表示硬盘机被写保护、不能进行写操作。

12. 换盘(CARTRIDGE CHANGED)(步进方式)

这是一个任选信号表示可换盘已被更换。

13. 命令完成(COMMAND COMPLETE)(串行方式)

这是个状态信号，表示命令已完成。它不受设备选信号的选通。因此，在命令交叉(OVERLAP)执行期间，主设备也可以监视硬盘机的命令完成状态。

三、数据传输信号线

四对差分传输的信号线在主设备和硬盘机之间传输写数据，写时钟，读数据，读时钟信号。

1.NRZ 写数据

差分传输的不归零制写数据。

2.NRZ 读数据

差分传输的不归零制读数据。

3. 读时钟/参考时钟

在读操作时，该对信号线上传输读时钟，在非读操作时，该对信号线上传输参考时钟。

4. 写时钟

由控制器提供的与数据传输率频率相一致的时钟。在写操作时，它服从参考时钟的频率和相位。

第五节　ST506 接口

ST506 接口是一种设备级接口，它是一种低级无智能接口，与主机联接时需要相应的控制器。

ST506 接口的信号名及脚号排列列于表 3-2-15，接口由 34 芯的命令电缆和 20 芯数据电缆组成。34 芯的命令电缆包含有所有的控制信号(寻找、读、写等)和硬盘机返回的状态信号(准备好、寻找完成等)。硬盘机的所有输出信号受到设备选择的选通。即硬盘机若没有被选中，则所有状态信号不送到接口。ST506 接口的各信号定义如下：

1. 写令

该信号决定数据传输的方向，当写令有效(低电平)时，允许数据写到硬盘上。当写令无效(高电平)时，允许从硬盘上读数据。硬盘机执行寻找操作时，写令必须无效。

写数据到硬盘上按下列步骤进行：

(1) 设备选中。

(2) 硬盘机准备好。

表 3-2-15　ST506 接口信号及脚号

	信　号　名	脚号	接地脚号
命令电缆信号	头选 2^3	2	1
	头选 2^2	4	3
	写令	6	5
	寻找完成	8	7
	00 磁道	10	9
	写故障	12	11
	头选 2^0	14	13
	备用	16	15
	头选 2^1	18	17
	索引	20	19
	准备好	22	21
	步进	24	23
	设备选 1	26	25
	设备选 2	28	27
	设备选 3	30	29
	设备选 4	32	31
	方向	34	33
数据电缆信号	选中	1	2
	备用	3	4
	备用	5	6
	备用	7,9	8,10,11
	+ MEM 写数据	13	15
	- MEM 写数据	14	16
	+ MEM 读数据	17	19
	- MEM 读数据	18	20

(3) 选择所需的磁道和磁头。

(4) 无写故障存在。

(5) 写令有效且在写数据线上传输数据。

从硬盘上读数据时按以下步骤进行：

(1) 写令无效(读)。

(2) 设备选中。

(3) 硬盘机准备好。

(4) 选择所需的磁道和磁头。

2. 头选 2^0、2^1、2^2、2^3。

4 根头选择按 2 进制编码最多可选择 16 个磁头。

3. 步进

该信号线上的每个负脉冲使磁头向方向信号定义的方向上移动一个磁道。根据该信号线上的脉冲频率之高低，硬盘机以慢速寻道和缓冲寻道两种方式寻道。慢速寻道方式下步进脉

冲周期最小为 3ms，缓冲寻道方式下步进脉冲的周期最大为 200μs，最小为 4μs。

4. 方向

方向信号定义有步进脉冲时磁头运动的方向，该信号高电平时，磁头向“外”运动(即向道号小的方向)。当该信号为低电平时，磁头向“内”(即道号大的方向)运动。

5. 设备选 1、2、3、4

这四根设备选择信号线用来选择四台硬盘机中的一台。每根设备选择信号线选择一台硬盘机，同一时刻只有一台硬盘机被选中。

6. 寻找完成

这是一个状态信号，表示上次寻找命令结束后硬盘机的状态。它有效时，表示磁头已定位且稳定于目的磁道上。

7. 准备好

该信号为真时(低电平)表示硬盘机已到速，当寻找完成亦为真时，它们一起表示硬盘机已准备好，可执行读、写或寻找操作。若该信号为假，则所有的写操作和寻找操作被禁止。

8. 00 磁道

该信号低电平有效。仅当硬盘机的磁头定位于 00 道时，该信号有效。

9. 写故障

该信号表示硬盘机有写故障条件存在。当该信号为低电平时，将不允许进行写操作。下列情况之一均为写故障条件：

(1) 有写令没有写电流或有写电流没有写令。

(2) 写操作时，有多头选，无头选或非法头选。

(3) 定位偏离道中心时有写操作。

(4) 读令、写令时有效。

10. 索引

硬盘机每转给出一个索引信号表示磁道的起始位置。

ST506 接口的数据电缆为 20 芯电缆，主要传输读写数据。其说明如下：

1. ± MFM 写数据

一对差分传输线传输要写入硬盘的 MFM 制数据时钟混合序列(即编码后的数据)。图 3-2-12表示 MFM 制写数据与 NRZ 数据的关系。

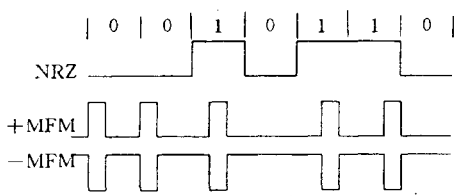


图 3-2-12　MFM 制写数据

2. ± MFM 读数据

一对差分数据传输线传输读出的 MFM 制数据时钟混合序列(即没有译码的数据)。图 3-2-13表示 MFM 读数据与不归零 (NRZ)制数据的关系。

3. 选中

这根状态线表示硬盘机已被选中。

操作举例:图 3-2-14 所示的波形表示硬盘机从 00 道寻找到 5 道后读、写的整过程。

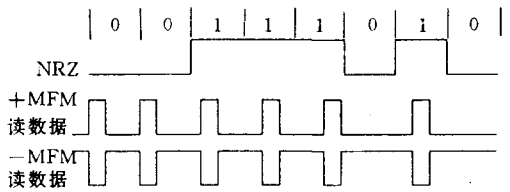


图 3-2-13 MFM 制读数据

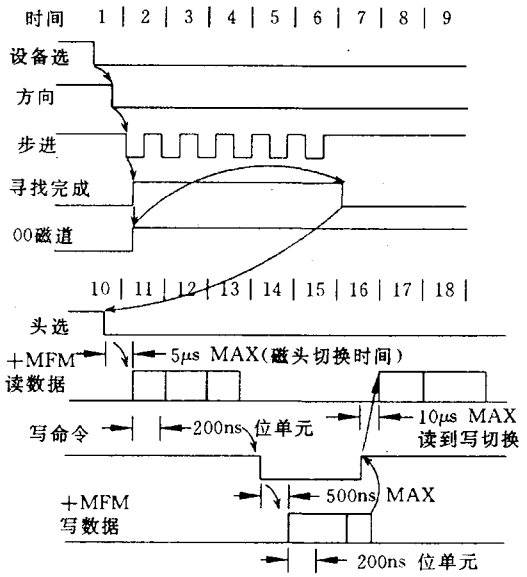


图 3-2-14 读写的整过程

第三章　HH1050 硬盘机

第一节　概　　述

一、技术参数

记录方式	MFM
容量(格式化)	40MB
读/写头	5
伺服头	1
盘片面数	3(其中一面为伺服面)
道密度(道/英寸)	960 TPI
位密度(位/英寸)	10020 BPI
最大圆柱数	1024
找道时间	
最小	5ms
平均	28ms
最大	60ms
磁头驱动方式	直线式音圈电机
转速	3600RPM

二、组成原理框图

HH1050 硬盘机的组成原理框图见图 3-3-1。

HDA 部件,用铝合金做底座。三片溅射盘片,最下面为伺服面,5 个数据头和一个伺服头。磁头由音圈伺服系统驱动找道。为了限制磁头的行程,断电时保护磁头和盘面,采用了电磁铁机构和限位装置。

HDA 内有两个前置放大器,通过软电缆和小印制板相连。

盘片由无刷直流电机驱动。

电路板分为大小两块,分别控制主轴电机(无刷直流电机)稳速,磁头伺服定位系统、读/写系统,通过 ST506 接口电缆与盘控和主机相连。

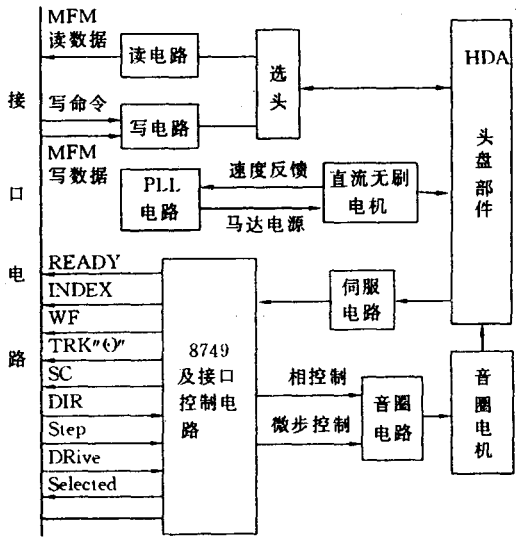


图 3-3-1　HH1050 硬盘机组成原理框图

第二节　主轴电机稳速系统

参见 HH1050 组成原理图，主轴电机稳速系统（见图 3-3-2）主要由 TC9142 锁相环电路和 TA7245 马达控制器组成。

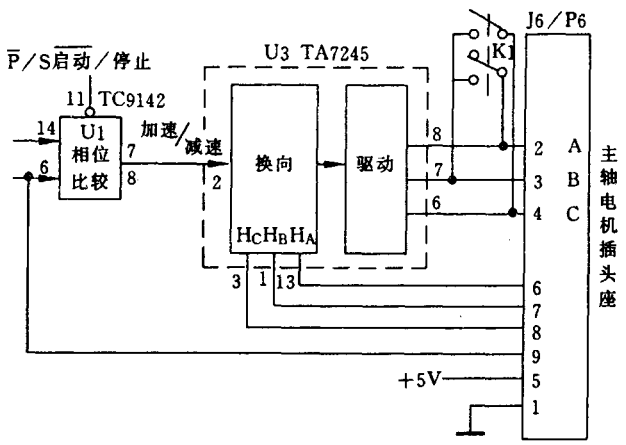


图 3-3-2　主轴电机稳速系统框

微处理器 8749(U4)中有控制程序，当驱动器加电时，分别对驱动器的转速、找道、状态进行控制，并在开机时对驱动器进行初始化归零。还对微处理器内部进行自检。自检正确时，8749-33 (P16)端输出 P/S 低电平去控制 U1(TC9142)-11，使主轴电机启动。如果启动后 30 秒内电机未到达转速，则程序控制主轴电机停转，并显示其错误。

主轴电机的稳速是靠 TC9142 和 TA7245 组成的稳速控制电路实现的。稳速过程如下：U1 (TC9142)-6 上的索引信号（由插座 P6-9 产生）与 U1-14 上的基准时钟 ALE/4（由晶振分频得

到),经 U1(TC9142)的相位和频率比较,送出加/减速控制信号。

在未到速时,TC9142(U1-7,8)送出加速信号,即

U1-7 脚的电压约为 4.6V,U1-8 脚的电压约为 4.3V

通过电阻网络送到马达控制器 U3(TA7245),使

U3-12 脚的电压约为 4V,U3-11 脚的电压约为 3.1V

若 U3-12 端的电压大于 U3-11 端的电压,控制 U3(TA7245)加速。若 U3-12 端的电压小于 U3-11 端的电压,则控制 TA7245 减速。TA7245 收到加/减速信号后,根据输入的霍尔信号进行换向,从(U3-6、7、8)PHASE A、B、C 三端输出驱动信号,驱动电机加/减速,从而达到转速控制。

无刷直流电机驱动信号是由霍尔(HALL) A,B,C 换向得到的,即 HALL A,B,C 表示电机位置的信号,决定了三个驱动信号 PHASE A,B,C 按正确的相序驱动电机(无刷直流电机原理见第一篇有关章节)。

第三节　磁头定位伺服系统

磁头定位采用两种控制方式,力求以最快的速度到达所要到达的目的磁道。这两种控制方式以磁头离目的道差而划分。当道差大于 1/2 道间距时,按速度控制,也称粗控。在道差小于 1/2 道间距时,按模式控制,也称精控。两种控制方式通过模拟开关进行切换。模拟开关由微处理器 μPC8749 控制(见图 3-3-3)。

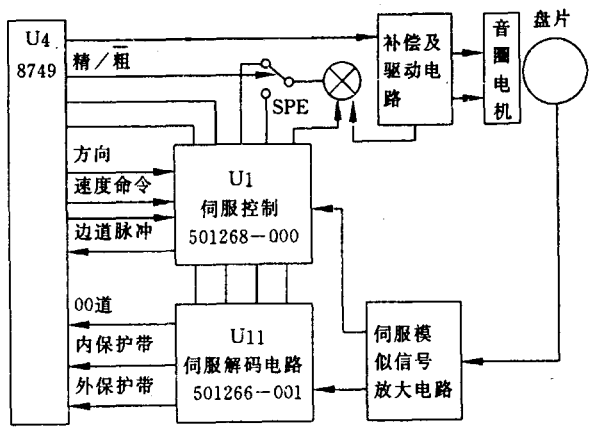


图 3-3-3　磁头定位系统功能框图

磁头定位伺服系统的工作过程如下(见附录 D):

(1) 首先 μPC8749-39 端接收到由接口电路 U6(501262-002)-14 端送来的步进信号,同时接收接口 P1-34 端方向控制信号。

如目前在零道,接收到"步进"方向信号和 5 个步进脉冲后,这目标磁道就是 5 磁道。

(2) μPC8749 发出"粗控"信号 PMOD(U4-35)(精/粗为低电平),并根据道差值计算出最佳的速度命令,以字长为 8 位的二进制数字方式输给数模转换电路。同时根据接收到的"方向"信号发出"前进"(或"后退")信号,以便控制数模转换电路输出电压的极性,即 μPC8749-12～19(DB0～DB7)→U1-23～30(DAC0～DAC7),数模转换电路 U1-22 端输出转换后的放大信号,μPC8749 送来的"方向"信号控制 U1-22 脚"速度命令"信号的极性,如方向信号"前进/$\overline{\text{后退}}$"为高电平,则 U1-22 为负极性,反之为正。

(3) 大规模集成电路 U1 的 D/A 电路将数字式的速度命令信号转换成模拟信号，并由 U1-22 (DAC OUT)送到开关电路 U2(LM324)-6。由于 μPC8749 发出的精/粗信号为低电平低，所以速度命令得以选通，送到功放电路后驱动音圈电机，使磁头以最佳的运动速度移向目的磁道。

(4) 伺服面上的伺服磁头读出的位置信号经放大和解码处理后，从 U1 产生出与磁头运动速度成正比的电压信号，作为“速度负反馈”与速度命令信号进行比较，其差值控制磁头运动而形成速度闭环控制电路。

(5) 磁头每经过一次磁道中心，U1 将产生一个磁道脉冲送到 μPC8749，μPC8749 不断计算到达目的磁道的距离，并因此而改变 8 位二进制数值，达到调整移动磁头速度的目的。

(6) 当磁头进入距目的磁道中心还有 1/2 道间距的时候，微处理器把“精/粗”信号从低→高，即转为位置模式控制，开关电路选 SPE 信号作为磁头驱动信号送至功放电路，对磁头位置作精调整，使其最后锁定在目的磁道的中心位置。

(7) 不管磁头定位系统工作于速度控制模式还是位置控制模式，流过音圈电机的电流将作为负反馈信号和速度反馈信号一起送到系统中，以改善系统的动态性能和稳定性。

HH1050 采用面伺服、全闭环、音圈定位技术。分粗控和精控。道间距大于 1/2 前为粗控，由 μPC8749 微处理器完成。道间距小于 1/2 转入精控。磁头定位过程如下：伺服头从伺服面上读出的磁头位置信号，经过 HDA 内部低噪声放大器 μA24H80 放大，送至 HDA 外面的控制电路，经处理产生伺服模拟信号(ANALOG)送到 U1(501268-000) 伺服定位控制电路。同时，此信号经过门槛电平(12V)比较后得到伺服脉冲，送到 U11(501268-001)伺服解码电路。在伺服解码电路中产生定位所需的各种伺服选通信号，即基准时钟 W_A、W_B、W_C、W_D 和索引，内保护带，外保护带，000 道信号。

W_A、W_B、W_C、W_D 伺服选通信号送至 U1(501268—000)伺服控制电路，进行定位控制，驱动音圈电机带动磁头进到目的磁道。

现将伺服信号的形式分述如下：

一、伺服面及伺服信号

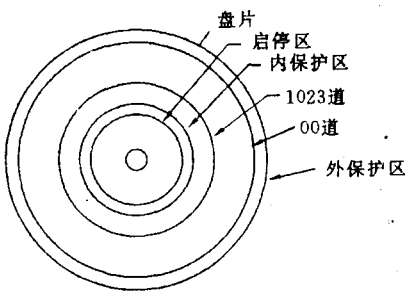


图 3-3-4 伺服面区域示意图

伺服面分成四个区域，见图 3-3-4。数据区对应其他五个数据面，即 0 ~ 1023 道为数据区。数据区外是内外保护带，产生内外保护带信号。最里为磁头接触启停时的启停区。

伺服信号采用双位码方式，伺服信号的格式是由六个双极性信号组成。每六个信号构成一个伺服帧，每个伺服帧可占时间为 6.4μs。

每帧的信号波形见图 3-3-5，下面分别介绍这些信号。

1.S 位

S 位即同步位。同步位在四个区域中都有，且位于每个磁道的同位置，即各磁道伺服帧同步位对齐。它是伺服定位基准，也是伺服锁相环的基准。

2.D 位

D位即数据位。此位用于区分伺服面上四个不同区域。数据位信号经伺服解码产生索引、内保护带、外保护带、000道信号。

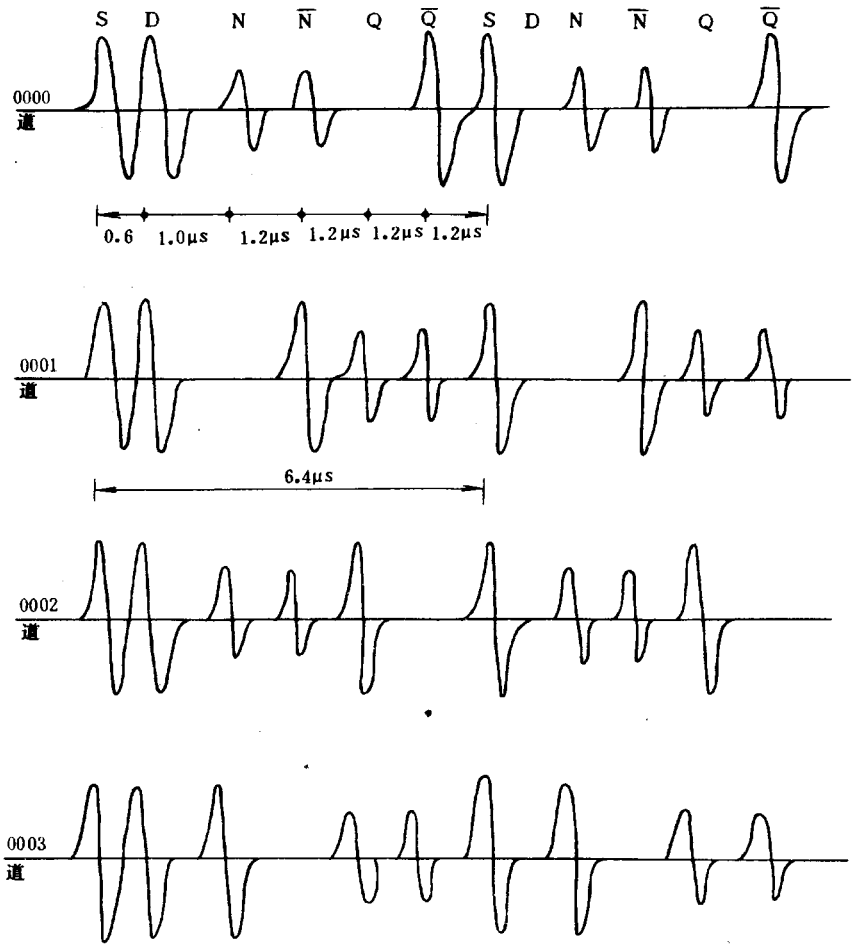


图 3-3-5 0000～0003道伺服信号波形

(1)索引信号 码形由30个伺服帧组成。码形为0101...01,共30个,即每隔一伺服帧记录上一位数据位信号。

(2)000道信号 仅在000道上,码形为001100,并重复循环一整圈。

(3)内保护带信号 记录在内保护区上,码形为111100,并循环一整圈。

(4)外保护带信号 记录在外保护区域上,码形为100100,并循环一整圈。

3.N位、$\overline{N}$位、Q位、$\overline{Q}$位

此四位为磁头位置信号,因此随着磁头径向位移幅值呈周期性变化。在同一个磁道各帧中,四个位置信号幅度是不变的。

N、$\overline{N}$位为一组,Q、$\overline{Q}$位为另一组。当N、$\overline{N}$幅度相等时为数据道中心(偶道),当Q、$\overline{Q}$位幅值相等,即Q=$\overline{Q}$时为另一数据道中心(奇道)。以四道为一循环。

000道时,N=$\overline{N}$,且等于最大幅值的一半,同时,Q=0,$\overline{Q}$=最大幅值;

001道时,Q=$\overline{Q}$=1/2最大幅值,$\overline{N}$=最大值,N=0;

002道时,N=$\overline{N}$=1/2最大幅值,Q=最大值,$\overline{Q}$=0;

003 道时，$Q=\overline{Q}=1/2$ 最大幅值，N = 最大值，$\overline{N}=0$；

004 道时，与 000 道一样。以下类推。

同步信号无论磁头在什么位置，幅值均为最大值。

二、伺服信号形成电路

1.伺服模拟信号

在 HDA 中伺服头从伺服面上读出伺服信号，经前置放大（HDA 内）μA24H80 到中放 MC1350 后，产生伺服模拟信号（SERVO ANALOG）送到大规模集成电路 U1 和 U11，进行伺服解码，产生伺服信号。

2.伺服解码电路

伺服解码电路由专用芯片 501266-001 构成。经具有 AGC 放大后的伺服脉冲到达U11-11，通过 20MHz 的时钟控制选通信号电路，产生 W_A、W_B、W_C、W_D 四个选通信号去伺服控制电路 U1（501268-000）。同时从伺服脉冲分离出数据位 D，送至伺服解码电路产生索引、内保护带、外保护带、000 道信号，分别送到微处理器 8749 或接口。由伺服信号产生的索引主要送到磁盘控制器去控制，而主轴电机内部得到的索引主要是用于转速的稳速控制。图 3-3-6 为伺服解码功能框图，其专用芯片功能框图见图 3-3-7。

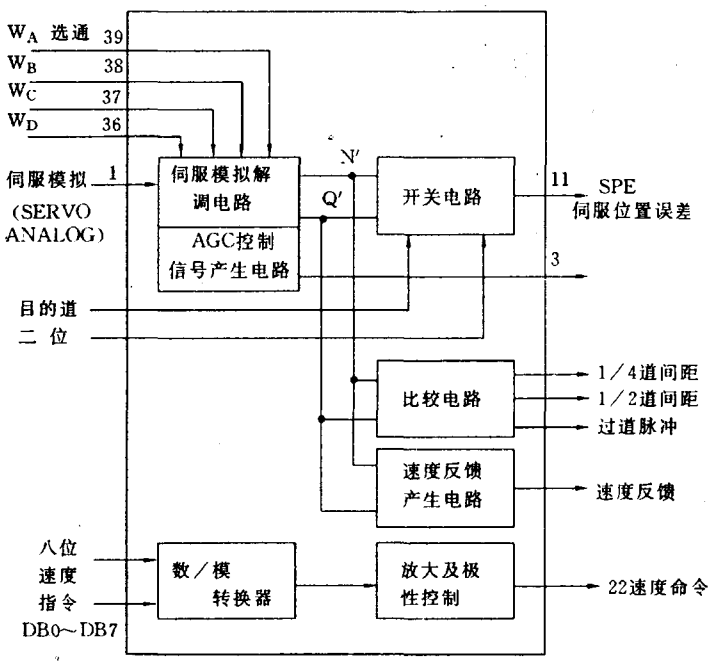


图 3-3-6 伺服解码功能框图

3. 伺服控制电路及其伺服控制信号的产生（参见附录 C HH1050 硬盘机电原理图）

伺服模拟信号 SERVO 送至 U1-1 在 W_A、W_B、W_C、W_D 四个伺服选通作用下，U1 内部解码电路分离出 N、$\overline{N}$、Q、$\overline{Q}$ 四个位置伺服信号，并采样其峰值，其中 N 和 $\overline{N}$ 为一组，相减并放大后，产生位置信号 $N'=K(N-\overline{N})$；Q 和 $\overline{Q}$ 相减并放大后，产生位置信号 $Q'=K(Q-\overline{Q})$，K 相等。

N′信号能够反映偶道伺服位置，也是偶道中心；Q′信号反映奇道的位置，是奇道的中心。

当要找磁道距目标磁道中心距离小于 1/2 道间距时，系统进入精控。转入精控后，反映磁

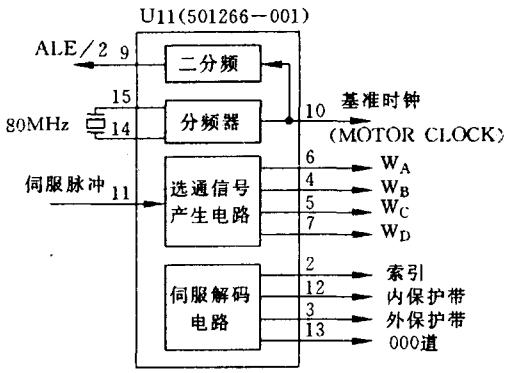


图 3-3-7　伺服解码专用芯片功能框图

头位置的误差伺服信号 N′,Q′才起作用。当目的磁道是奇道时 Q′起作用,在偶道时 N′起作用。

U1 中的目标道地址最末两位来控制选通开关电路,选通 N′或 Q′信号。以此作为伺服误差信号 SPE(Servo Position Error),SPE 信号是精控时的误差信号,它由开关控制在精控时,才输入至功放电路。

道中心信号是从 Q′和 N′中产生的,送入 μPC8749 作为状态信号用。

通过检测 N′、Q′过零次数产生过道脉冲,送至微处理器,用于计数磁头寻找所经过的磁道,以此来计算距目标磁道的道差,根据道差决定粗/精控。

AGC 信号是为了改善伺服头读放大性能而从 U1 产生的,它用来根据读出幅度的大小自动改变 MC1350 的增益。

一个字节的二进制数由微处理器 μPC8749 的 DB0～DB7 送到 U1,以 U1 D/A 转换成模拟信号,放大后由 U1-22 脚输出;μPC8749 送来的方向信号控制 U1-22 脚,"速度命令"信号极性,当方向信号"前进/后退"为高电平,U1-22 脚极性为负。当"前进/后退"为低电平,则 U1-22 脚极性为正。

速度反馈信号是通过 N′和 Q′微分产生的。

速度命令,速度反馈,SPE 信号,功放电流反馈信号都一起送至系统的开关电路和相加放大器,并由"精/粗"控信号控制,由此决定选通速度命令信号还是 SPE 信号(详见附录 HH1050 硬盘机电原理图)。

三、音圈电机控制电路

开关 U15(DG211)、相加放大器 U17(LM324)、功率放大器 U27 和 Q6、Q7、Q8、Q9 及继电器 K2 组成音圈电机控制电路,见图 3-3-8。U15 和 U17 线路图见附录 D。

粗控当其在速度模式时,精控为低电平,模拟开关 U15(DG211) 使速度信号(VEL ERR)通过模拟开关,送到相加放大器 U17(LM324)。此时,由于 DG211 处于开路状态,位置信号不能送到相加放大器。

精控当道差小于 1/2 道间距时,精控为高电平,开关 DG211 处于接通状态,位置伺服信号 SPE 经过 DG211 加到相加放大器(LM324),U17 的输出经过电阻 R53 送到音圈电机功率前置放大器 U27。

音圈电机驱动信号由 U27-2、18 输出,去驱动功率放大电路的晶体管 Q6～Q9。Q6～Q9 为桥式驱动电路。

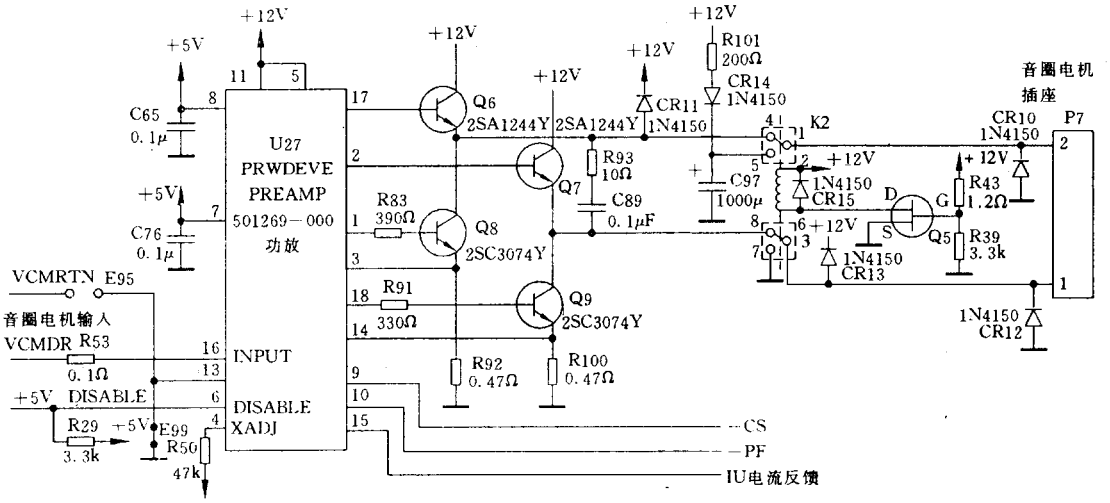


图 3-3-8　音圈电机控制电路

在前进寻道加速阶段，电流流向是：

电源→Q7→音圈电机→Q8→地。

在后退寻道加速阶段，驱动电流流向是：

电源→Q6→音圈电机→Q9→地。

电阻 R93、C89 是补偿音圈电机感性负载而设立的。

U27-14 脚和 U27-3 脚是音圈电机采样输入端，经放大后 U27-15 脚输出，送相加放大器。U27-6 脚为伺服禁止端，U27-6 脚为高电平时禁止驱动电路工作。

继电器 K2 为主轴电机启停和磁头启停区控制开关。硬盘机开始加电时，则开关 K2 的 1,4和 3,8 接通，断电时脱开。

K2 的另一个作用是，在断电时使音圈电机后退到启停区。即 K2－1,5 通，K2－3,7 通，使音圈绕组的两端分别与 K2－1,5 和 K2－3,7 通；但由于 K2－1,5 接有 1000μF 的电容，断电时仍可有 11V 左右的电压，因而可以通过其放电使音圈退回。

四、磁头锁定电路

由 U4-29 输出 CAREL 到 U10，并使 Q3，Q4 导通，引起 P9-1,3 电磁铁吸合。不工作时，头盘锁定在启停区；反之工作时，电磁铁释放，磁头离开启停区。

第四节　读/写系统

一、组成框图

见图 3-3-9、图 3-3-10 和附录中 HH1050 硬盘机电原理图，读/写系统由 HDA 中的 SI117 前置放大器，阻容组合的滤波网络，U20(MC1350)第一级放大器，U19(NE592)第二级宽带放大器，U22(MC10104)微分移相，(U25、U26) AGC，过零检测 U22 (MC10104)，时域滤波 U23、U24

(MC10131、MC10114)，读数据驱动电路 U7(DS3697)组成。

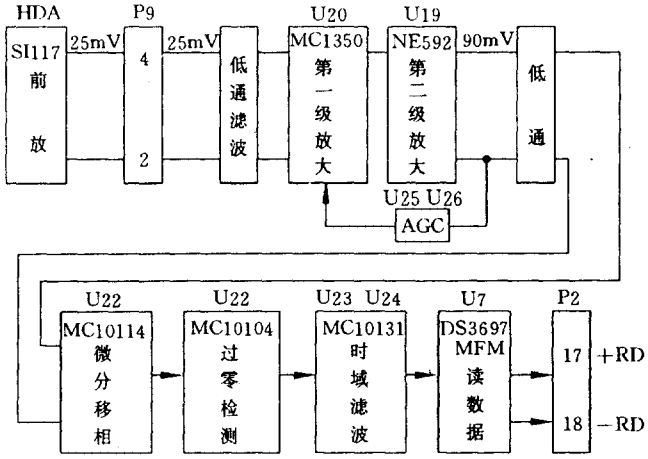


图 3-3-9　读/写框图

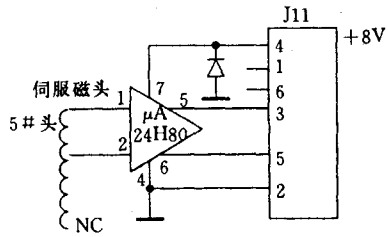


图 3-3-10　伺服头读电路

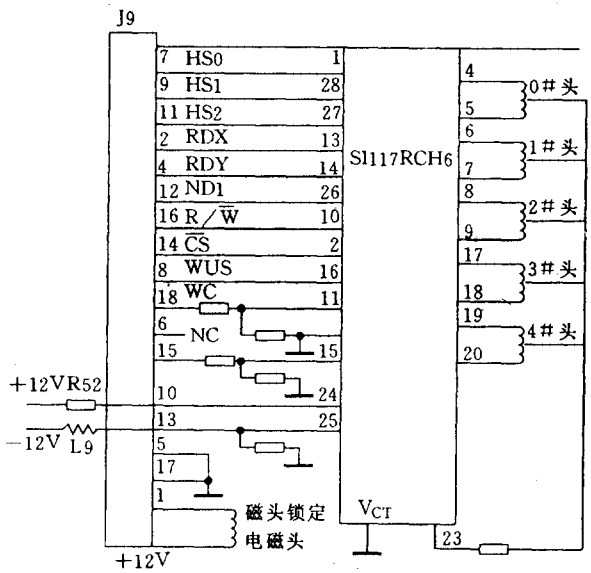


图 3-3-11　SI 117 功能图

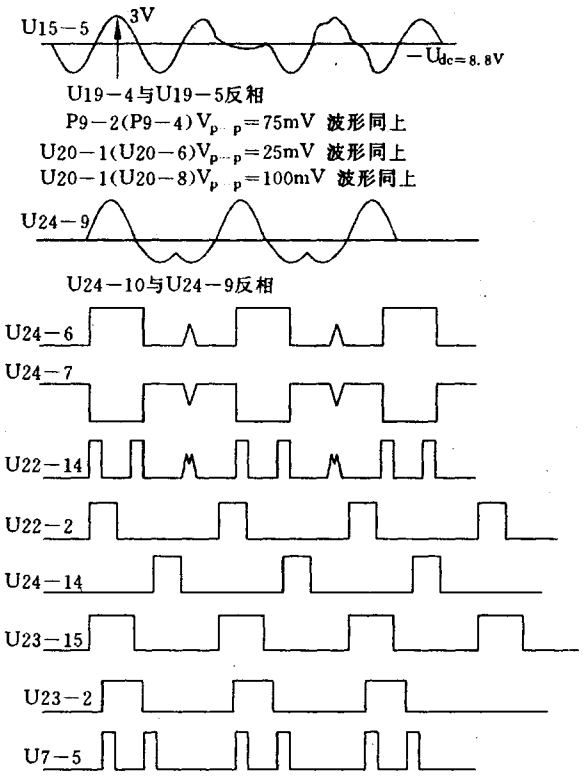


图 3-3-12　盘上读出波形图(代码 11011011)

二、从盘上读出的数据信号波形

从盘上读出的数据(其信号波形见图 3-3-12)先经 SI117 前置放大,得 25mV (p-p)脉冲,通过 J9/P9 接插件送到低通滤波,低通的输出送到第一级放大电路 U20(MC1350)-4、6,U20-1、8 输出约 100mV (p-p),再通过滤波送到第二级放大级 U19(NE592)作宽带放大;U19-5、4 输出分三路,一路送 AGC 电路(U25、U26)到 U20-5 作为 U20 的增益控制;U19 的第二路输出送微分电路 U24-9、10,微分波形取决于 C66,C67,R61,R62 组成的微分网络。通过微分对读出波形作 90° 的移相放大,即原来的峰值变为零点。U 19 的第三路输出送 U24(MC10114)-4、5,U24-12、13 作时域滤波用。

U24-6、7 微分整形放大后,送 U22-10、11 作过零检测。为了消除虚假过零点, U22-14 输出送时域滤波电路 U23-6。最后通过 U7(DS3697)线驱动器输出 MFM 信号,见附录 D。

第四章　硬盘机的使用与维修

第一节　硬盘机的使用

一、使用环境要求

使用环境：

温度：10～40°C

湿度：20%～80%

存放环境：

温度：10～40°C

湿度：8%～80%

硬盘机是一种精密设备，同其他的精密设备和电子仪器一样对环境有特殊要求，而它又有其自身的特点。特别是对温、湿度特别敏感。湿度增大，使磁头与盘片接触时（因为硬盘机是接触启停的）吸附力比正常的成倍增加，机械阻力成倍增大，影响硬盘机正常启动，主轴电机不转，甚至会把磁头拉下，造成 HDA 部件损坏。温度梯度大时，即超出 10～40°C 时，影响硬盘机正常读/写，容易产生错误。

二、使用注意事项

1. 保护 00 磁道

合格的硬盘机，应保证所有盘片 00 磁道没有任何缺陷。因为 00 磁道的重要性一般用户都清楚，那是存放操作系统的地方，一旦 00 磁道损坏，操作系统将会丢失，微机就不能工作。

为了保护 00 磁道高容量的盘都有专门电路控制，在硬盘机不工作时，即断电时磁头停放在盘片的着陆区，以免运输或使用时损坏 00 磁道。对于没有这种装置的低挡盘，还专门研制了磁头着陆软件，即把磁头在断电前搬到着陆区，如 Hardpark.com，Lock640.com，Skipdisk.com 等都是保护零磁道的软件。

2. 防静电

微机都有 CMOS 等集成电路或其他集成块，这种集成块在高静电时容易击穿损坏。因而在维修和使用时都要防止人身上的静电，或机器上的静电。机房要接大地。安装维修时要有些预防措施。特别是机房电源接地很重要，接地电阻一般要求小于 5Ω。

三、怎样使用硬盘机

1. 了解硬盘机接口

硬盘机早期使用的是 ST506/412 接口，这种接口的盘带有一块控制卡，只要选择与之对应的 MFM、2.7RLL 记录方式的卡就可以联上。

后来又出现了 ESDI、SCSI、ATBUS IDE 接口，因而连接硬盘时首先要识别盘的接口是那一

种,然后再连机加电。

2.了解盘的类型

微机中 286、386...ROM BIOS 中地址 F000:E400 中含有硬盘类型参数。即:

圆柱数(cylinder number)

磁头数(Heads)

扇区数(Sectors)

写预补偿(Write precomp)

起停区(Landing zone)

联盘时,首先要知道自己手头的硬盘机参数,再用软件设置在 CMOS 中。但要与 ROM BIOS 中的盘的参数相符合。如在 CMOS 中没有自己盘的参数类型,要选择自定义一栏,自己把参数写入 CMOS 中。

3.联盘软件

第一步,刚出厂的盘里面都是无操作系统的,因而要用联机软件对盘进行联机操作,即所谓低级格式、分区及高级格式化三个步骤。常用的低级格式化软件有 DM.EXE、DTCFMT.COM、LOWFORM.COM 等。

第二步,用 FDISK.COM 分区;

第三步高级格式化,用命令 FORMAT C:/S。

总之,如不单独买盘,与主机配来的盘都装好了系统,不必担心这步工作。一旦有问题,可找购机单位,他们都能解决。

第二节　硬盘机的维修方法

硬盘的维修与主机一样,光靠看维修实例是解决不了问题的,因为同一种现象也可能反映出不同的问题。再者,盘的类型五花八门,种类繁多,那就更不胜枚举了,因此,掌握维修方法是至关重要的。基于此目的,把硬盘机维修方法介绍给大家。

一、加电自检法

微机加电或热启动后,对硬件系统要进行自诊断测试,运行 ROM BIOS 中的自诊断程序,如发现错误,在 CRT 上显示其出错的内容。其显示硬盘自检错误部分内容如下:

1700　通过

1701　不可识别硬盘系统

1702　超时错

1703　查找失败

1704　控制器自检出错

1705　记录未找到

1706　写操作失败

1707　零道信号错

1709　ECC 校验错

1710　扇区缓冲区溢出

1711　BAD 地址标志

1712　发生未定义错

1713　数据比较错

1780　0#硬盘机初始化错

1781　1#硬盘机初始化错

1782　硬盘控制器故障

1790　0#硬盘控制器读操作错

1791　1#硬盘读操作错

加电过程中经常出现的故障现象有：

1.1701 0 Hard Disk Error

此现象为加电自检失败。

2.Invalid partion table

Miss Operation System

Error loading Operation System

此现象为硬盘引导操作系统失败。

(第一引导模块)因为硬盘零磁道,第一扇区上的硬盘分区信息表损坏或无硬盘分区表会造成此现象。这样可用 FDISK 重新分区即可排除。

3.Disk boot failure

non-System Disk

此现象为第二个引导模块失败。

第二引导模块在 00 磁道第二扇上,在此处有 DOS 引导程序或 IBMDOS. COM 、IBNBIOS. COM 程序。如损坏,就无法引导系统。此时,要对硬盘进行/S 的高级格式化,即 format C:/S。

4.Disk error reading Writing

读/写文件错。要查硬盘读/写系统。

5.1701(04)表示硬盘没有准备好

接口上的准备好信号为：

错时:Ready 为 H(高电平)。

正常时:Ready 为 L(低电平)。

从加电到硬盘准备好,一般约为 2 秒左右(ST506 接口步进电机驱动的 HH725 盘)。

6.1701(02)表示无寻找完成信号

错时:Seek Complete 为 H(高电平)。

正常时:Seek Complete 为 L(低电平)。

7.1701(03)表示硬盘有读/写故障。

8.1701(OC)表示 00 道信号,0 硬盘故障。

根据所报的故障现象配合其他方面的检查,可以给维修带来方便。

二、DOS 命令,BIOS 诊断法

BIOS 中的硬盘驱动程序对硬盘进行各种操作,操作结果必须返回一个状态在固定的地方,如 286、386 机硬盘输入/输出驱动程序使用的这个数据单元为,段地址 40,其中 40:74 为硬盘状态,其内容为：

01　坏的命令

02　扇区地址标记错
04　扇区未找到
05　复位故障
07　初始化故障
09　数据越界
OA　坏扇区
OB　坏磁道
10　读时 ECC 错
11　ECC 校正的数据错
20　控制器故障
40　寻道错
80　超时
AA　驱动器未准备好
BB　未定义错
CC　写故障
EC　无错
FF　不能执行

BIOS 诊断必须要熟悉系统软件，一般人很少用。通常使用程序诊断法。

三、程序诊断法

只要使用微机的人都会运用诊断程序，如大家常用的 ADVANCED DIAGNOSTICS 就是其中的一种，最近又有 QAPLUS。除这些诊断程序而外，还有专门的盘的诊断测试程序。利用诊断程序和菜单提示，可以方便的对硬盘进行寻道，读/写诊断，以找出其错误的部位，提供给维修人员。

诊断结果在 CRT 上显示，错误代码同加电自诊断。

BIOS 驱动程序的 21 个功能如下：

AH = 00　磁盘复位
AH = 01　读磁盘操作状态
AH = 02　读盘，指定扇区读入内存
AH = 03　写盘，从内存写入指定扇区
AH = 04　检验指定扇区
AH = 05　格式化指定磁道
AH = 06　格式化指定磁道，设置故障扇区标志
AH = 07　从指定磁道开始格式化
AH = 08　返回当前硬盘机参数
AH = 09　初始化硬盘机性能参数
AH = 0A　长读(每扇区 512 + 4 个 ECC)字节
AH = 0B　长写(每扇区 512 + 4 个 ECC)字节
AH = 0C　寻道
AH = 0D　磁盘复位

AH = 0E　读扇区缓冲器
AH = 0F　写扇区缓冲器
AH = 10　测试磁盘准备状态
AH = 11　重新校准
AH = 12　控制器 RAM 诊断
AH = 13　磁盘诊断
AH = 14　控制器内部诊断

在使用上述功能时,要用到的寄存器入口参数有:

DL = 硬盘机号(80 ~ 87 为硬盘机,要检查)
DH = 磁头号(允许 0 ~ 7,但不检查), 3.5 英寸盘此参数可以达到 15
CH = 圆柱面号(允许 0 ~ 1023,值不检查), 3.5 英寸盘可大于此值, 如 CP30104H 可达 1522 道
CL = 扇区号(允许 1 ~ 17, 值不被检查),3.5 英寸的盘大于 17, 可到 68, 甚至更大
AL = 扇区个数(允许 1 ~ 80H, 长读/长写允许 1 ~ 79H), EX:BX 指向读/写缓冲器地址,执行后输出参数
AH = 盘当前状态
CF = 0　表示操作成功
CF = 1　操作失败(AH 中的内容为错误码)

四、自编软件法

为了找出其故障点,在没有仪器设备的情况下,可以利用自己的微机作为一个高级的测试仪,利用硬盘驱动程序和 DOS 中硬盘功能调用,自编一些简单软件, 模拟一个寻道、读/写的工作环境进行维修。举例如下。

用 debug 自编硬盘机维修程序如下:

```
N(段地址):M(偏移地址)  MOV DX,0180   注释:DL = 盘号 = 80,DH = 头号 = 01
                        MOV CX,0B01   注释:CH = 圆柱号 = 11 = 0B,CL = 扇区号 = 01
                        MOV AH,0C     注释:AH = 功能 = 0C 寻道
                                              = 0A  长写
                                              = 0B  长读
                        INT 13        注释:调用硬盘机 I/O 驱动程序
                        G = N:M       执行自编程序
```

这些程序可以对硬盘进行找道测试和维修。如修改 AH 中的功能,把

AH = 0A　长写　可以对硬盘机进行写功能检查。
AH = 0B　长读　可以对硬盘机进行读功能检查。

以上程序是告诉大家一个方法,此简单程序可在 286 机上运行。通过此例望大家自编出适合自己机器的维修软件。

五、专用仪器法

测试仪器国产的有 Y14-2 等,进口的有 T650 等,还有其他很多测试仪器。其目的可以直观地对盘进行找道、读、写三种基本功能的维修测试。但这些仪器都有其局限性,只适应于某

一种接口，换一种接口的盘都无法使用，因而完全依靠测试仪器也是不可能的。因为高档盘还有伺服专用刻写装置，这除生产厂家以外，一般维修单位是无法具备的。因而无论什么方法都是有不足之处的，因为事物总是在不断发展的，技术也是在不断进步的，需要不断探求更新、更好的方法以适应当代技术发展的要求。

第五章　硬盘机维修举例

1. HH1050 加电后主轴电机不转

故障分析与维修：

HH1050 硬盘机主轴电机系采用直流无刷电机驱动，TC9142 马达控制器控制，TA7245 驱动。主轴无刷电机转动必须满足其电路工作条件，马达本身是好的。

(1) 正常启动时，马达控制器 U1(TC9142)-11 端$\overline{\text{PLAY}}$/STOP 为低电平；如此端为高电平则不满足马达启动条件，则马达不能启动。

(2) 马达驱动电路 U3(TA7245)的输入端电位必须满足：开机时 U3-11 脚的电压小于 U3-12 脚的电压使马达加速；如果开机时此处电位处于 U3-11 脚的电压大于 U3-12 脚的电压，使电机处于减速状态，则电机不会转动。

(3) 马达驱动电路 U3(TA7245)输出端 A、B、C 相应有输出信号，否则电机运转不正常。

(4) 检查取样电阻 R1 的电压，即 U3-5(TA7245)输入端上的电压，如此端电压大于 1V，说明电机绕组上的电流大于 5A，U3 内部的保护电路将禁止驱动电路工作。

按上述分析检查各点的电位，测得：

U3-12 端的电压等于 0 为不正常

U3-11 端的电压等于 2.5V

U1-7 端的电压等于 4.6V 为正常

U1-8 端的电压等于 4.3V 为正常

U3-12 端的电压等于 0V 是对地短路，进一步查出 C9 击穿所致，换此电容后故障排除。

2. HH1050 电机到速后盘停转

HH1050 电机到速后，可听到磁头锁定电磁铁吸合声，同时还有很响的“啪，啪”两声。然后停转。

故障分析与维修：

响声表明是找不到外保护带而撞击限位块的声音，其产生原因有：

(1) U11(501266-001)伺服解码电路送出的外保护信号不正常，或 U5(74LS244)工作不正常。

(2) 无伺服脉冲信号输入到 U11，因而产生不了伺服外保护带信号。

(3) 伺服脉冲产生电路 U11-11 应有脉冲输入(U11)。

(4) U14(DS3697)应有脉冲输入和输出，即 U14-7 应有输入脉冲。

(5) P11-3、P11-5 前放应有脉冲输出。

经查是 P11-3、P11-5 前放无伺服脉冲送来，系 HDA 内部 μA24H80 坏，换成合格的 μA24H80 后即好(在超净房间内打开盘腔，换下 μA24H80)。

3.HH1050 硬盘机不能做 FDISK,联不上主机

故障分析与维修:

硬盘机联机并换上应换的新控制卡时必须作低级格式化,分区,高级格式化;由于作低级格式化时,对盘上不读检查,因而一般不会出现错误停机,但是 FDISK 时,硬盘机要报读检查错,有错时,就无法往下进行。因而必须查读/写系统。

读/写系统的检查必须用前述的几种方法,即创造一个硬盘机的读/写运行环境,而且不停地无限循环,除非人为的中止。这样,根据原理图观察读/写系统各级波形。故障原理部分及波形如下:

如图 3-5-1、图 3-5-2 所示,U23(MC10131)时域滤波部分,U24(部分 MC10114) 微分移相级输出波形变坏滤波不好引起。

这样,在 U23-15 端输出产生虚假信号,引起读出错。查是由于 U24-12 端相联的 R59 (46.4k)开路引起。手头找不到相同阻值的,换一个 10k 电阻, 波形宽度变为 1.2μs,读/写正常,联机通过。

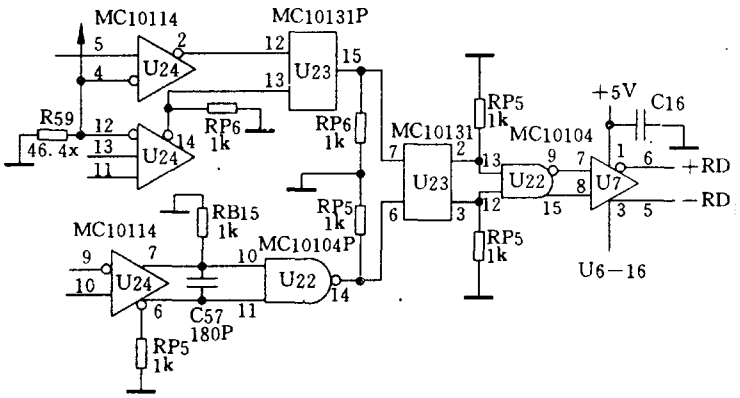


图 3-5-1 HH1050 数字滤波电路及输出

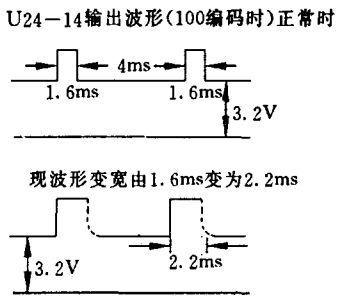


图 3-5-2 读波形图

4.ST-225,20MB 硬盘机加电后不走步

ST-225,20MB 硬盘机,加电后步进电机在作低级格式化时不走步。

故障分析与维修:

ST-225 的磁头定位是采用步进电机开环工作方式,其相位每八拍为一个循环,也就是说 000 道的步进电机相位与 8 位相位相同。ST-225 还采用了 -1 圆柱刻写专用技术,也就是在 000 道外的一个圆柱上刻入专用信号。 -1 圆柱所对应的步进电机相位相当于 7 道相位, -1 圆柱信号是通过数据磁头读取, 它在整形成数据脉冲信号后才与读数据电路分离,送至 -1 圆柱信号检测电路。硬盘机加电、主轴电机达到正常转速后,电路板上的单片微机 6500 就开始发步进脉冲,并驱动步进电机向外移动磁头作初始化归零。每当步进电机处于 7 道相位时,单片机通过 -1 圆柱检测电路判断有否 -1 圆柱信号出现。若有,则前进一道,并把该道定义为 000 道,若无,则继续后退检测, 直到单片机片内控制程序所规定的最多后退磁道脉冲数发完为止,而控制程序中的最多后退磁道脉冲数要大于硬盘机实际磁道数。这样,在单片微机没有检测到 -1 圆柱信号,而磁头机构已退到外限位块位置时就会出现磁头机构碰撞外限位块现象。

ST-225 步进电机采用 11665-001 专用集成电路,(见图 3-5-3)其步进工作原理如下:

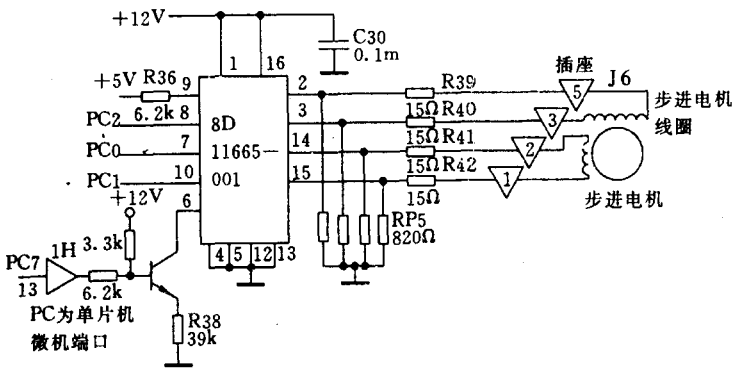


图 3-5-3 步进电机驱动电路图

7 脚为步进输入,10 脚为方向信号输入,9 脚为步进工作方式,当为高电平时,步进电机按半步八拍工作方式。

8 脚为工作模式控制,在缓冲找道时,用于加大电机绕阻的驱动电流。

6 脚为步进允许信号,在驱动器加电时还起了设置该电路内环形分配器初始状态功能。2、3、14 和 15 脚为驱动功率输出,通过 15Ω 电阻后分别接到步进电机的两个绕阻。步进电机按八拍循环。1,2,3,5 插座各相电位如下:

凡在插座 J6 1,2,3,5 各点测量电位符合表 3-5-1 所列说明步进电机驱动电路正常。反之为故障盘(列于表 3-5-2)。

表 3-5-1 正常盘电位

磁 道	插座 J6(V)			
	J6-1	J6-2	J6-3	J6-5
0	3	8	8	3
1	3	8	8	8
2	3	8	3	8
3	8	8	3	8
4	8	3	3	8
5	8	3	8	8
6	8	3	8	3
7	8	8	8	3

表 3-5-2 故障盘电位

磁 道	插座 J6(V)			
	J6-1	J6-2	J6-3	J6-5
0	8.2	10	8	3
1	8.5	10	10	10
2	8.5	10	3	7.5
3	10.5	10.5	2.5	7.5
4	7.5	2.5	2.5	7.5
5	7.5	2.5	10.5	10.5
6	7.5	2.5	7.5	2.5
7	10.5	10.5	7.5	2.5

表 3-5-2 中,J6-1 输出电位不正常,在 0,1,2 三道时应为 3V 左右,现为 8V 左右。这样就使得步进电机一相绕阻上没有足够的电流驱动,因而步进电机不转,但是由于 11665-001 专用芯片坏引起的。换该芯片后,联机作格式化后成功。故障排除。

5.HH725 硬盘机开机几分钟后停转

HH725 硬盘机,开机时盘运转正常,过几分钟后硬盘机停转,(主轴)联机时显示 0 硬盘错。

故障分析与维修:

HH725 是美国 Microscience International 公司生产的一种 5.25 英寸,20MB 硬盘机,其有 4 头、653 道。HH725 硬盘机主轴电机的启/停是由单片机 8049 控制的。8049 内的微程序控制,通过检测索引信号的周期来检测转速是否正常。当主轴电机不转时,无索引信号产生,如果主轴电机难转动,且在 5.37 秒内未检测到索引信号,这时控制关闭主轴电机,这时驱动步进电机使磁头前进 50 个磁道,后退 50 个磁道,循环 12 次,然后再启动主轴电机。在此过程中,主轴电机已达到额定转速,单片机中的微程序使步进电机移动磁头作初始化归零动作,0 # 磁头先后读出保护带及伺服扇区信息,经解码放大后送 8049 微处理器,8049 根据这些信息判断归零是否正常,如果不正常这要关闭主轴电机。

HH725 盘的磁头定位用了"伺服扇区"的半闭环定位技术,这种技术是介于步进电机和音圈电机闭环定位方式之间。当磁头向目的磁道移动时,HH725 与其他采用步进电机开环定位方式硬盘机一样,只是根据输入步进脉冲的个数及间隔,产生相序及电流控制信号,使步进电机以最快的速度移到目的磁道,这个阶段是开环控制方式。当磁头到达目的磁道后,又通过读取伺服扇区内的伺服信息,产生出相应控制信号对磁头作微步调整,使磁头精确定位于磁道中心,这种定位方式类似于音圈电机闭环定位方式中位置模式,因而被叫做"精控"。

伺服扇区是指在盘片上专门留下一小部分记录专用的伺服信息,而用户不可记录数据的区域。伺服信息(见图 3-5-4)是生产厂家用专用刻写设备刻写在 0 # 磁头所对应的盘片上。刻写的位置是在伺服扇区中两个数据磁道之间。数据道的外区有八个磁道(整个磁道)刻有外保护带信息,里区(八道)刻有内保护带信息。伺服码形为三位码,即同步位,奇道位,偶道位。同步位的间隔 0.54μs,中间插入分别代表奇道和偶道的两位。奇道位的伺服码为 110,偶道位伺服信息为 101。整个伺服扇区由即伺服信息区及标记区两部分组成。伺服信息区用于磁头精定位,标记区用于区别 00 磁道。

由于电机转后停转,显然是与初始化的零有关电路相关,即读/写芯片 SI117 读电路,伺服解码电路、单片机 8049 等有关。查伺服解码电路前级即 P9-4、5 脚正常时为 60mV,但用示波器观察无信号,说明伺服信息坏。用专用伺服刻写仪重新刻写伺服信号,加电后转速正常,联机成功。

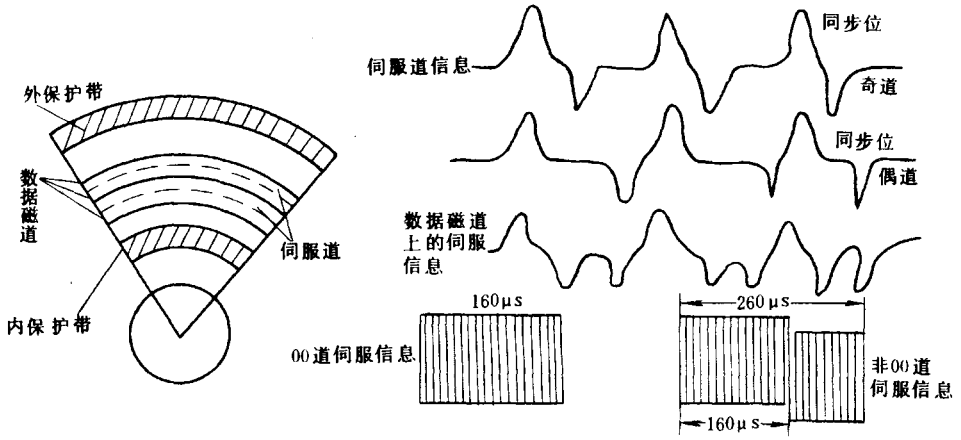


图 3-5-4　HH725 伺服信息图

6. M3650 硬盘机可做低级格式化，但不能做 FDISK、FORMAT C:/S 格式化

故障分析与维修：

M3650 是格式化容量为 40MB 的硬盘。该硬盘是 Miniscribe 公司早期产品，有 6 头 820 道，非格式化容量为 50MB。它和 M8438 是不同的，M8438 用 2.7RLL 码而 M3650 用的是 MFM 记录方式。

不能做 FDISK 格式化是读通道有问题。M3650 盘用了一个读/写专用芯片。如图 3-5-5 所示。

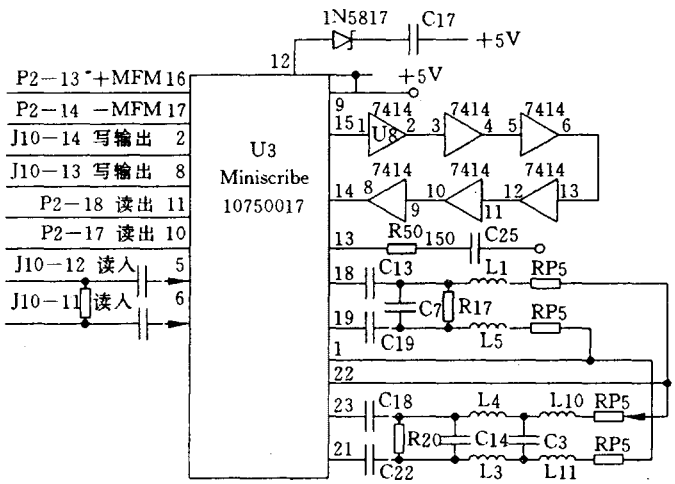


图 3-5-5　M10750017 读/写电路

Miniscribe 10750017 是 M3650 的读/写专用芯片，通过专用仪器测试读/写时波形。写时在 U3-5 端观察波形，随着写编码而正确变化码形；最初怀疑是 U3 坏，但换此芯片后故障依旧。因而断定是外电路引起的，经查是由于 C13 电容引起的，将 C13 焊下测量为 2k 阻值。换后读/写正常，联机时，FDISK、FORMAT C:/S 通过。

· 7.CP30104H 3.5 英寸 120MB 硬盘机不能装入 DOS 操作系统

故障分析与维修：

现在大多数微机上配制的硬盘机都是 3.5 英寸 IDE 接口的硬盘机，这是一种智能接口，硬盘机上有数据缓存器、ECC 纠错电路，RLL 编/译码电路，主机命令的译码，驱动器状态的生成，逻辑扇区与物理扇区的映射，数据快速存取的优化处理都是在硬盘机上完成的。因而硬盘机的控制就作用到了硬盘机电路板上，联机时，我们只了解了 CP30104H 的物理参数 4 头，1522 道，39 扇。但是实际上控制电路上的逻辑参数为 8 头、780 道、38 扇，照此参数联机就可以装入系统，而且成功。类似的盘还有 CP3044、M8051A 等。都是由于物理扇区和逻辑扇区之间有一个转换的问题。

这一步工作由盘上的控制电路来完成。这和 5.25 英寸硬盘机就不一样。5.25 英寸硬盘机物理参数和逻辑参数必须一致，否则就联不上主机。有关 3.5 英寸硬盘机的联机参数一般计算机和盘的销售商都会告诉用户的，用户只要按照销售商给的参数再结合 5.25 英寸硬盘机的联机方法就可联 3.5 英寸硬盘机了。

8.开机后，CRT 屏幕上显示"INVALID DRIVE SPECIFICATION"

故障分析与维修：

当开机从硬盘引导 DOS 系统，引导失败时，屏幕常常显示几种信息：

(1)"NON-SYSTEM DISK OR DISK ERROR"。故障含义是当前盘为非 DOS 系统盘或 DOS 系统的隐含文件名读出错。

(2)"DISK BOOT FAILURE"。故障含义是 DOS 系统的隐含文件读出内容不正确而发生引导错误。

(3)"MISSING OPERATING SYSTEM"。故障含义是 DOS 系统丢失。就是读分区引导程序尾标时，在硬盘上找不到 DOS 引导程序内容。

(4)"ERROR LOADING OPERATING SYSTEM"。故障含义是 DOS 系统装入错，就是读分区引导程序时，检测到错误。

(5)"INVALID DRIVE SPECIFICATION "。故障含义是无效驱动器。

按照故障性质，硬盘的故障分为软故障和硬故障两类。

软故障是非物理损坏故障，即磁盘表面信息故障，全是由于磁道记录格式遭到局部破坏，或硬盘管理信息被破坏，或某些文件内容被破坏的原因引起的。这类故障，通过执行某些 DOS 命令，或执行硬盘的部分软件安装操作，或执行硬盘的全部软件安装操作即可排除。硬故障是物理损坏故障，即硬磁盘驱动器硬件故障，全是由于硬盘的机械零件或电气元器件损坏而引起的。这类故障，绝大部分要通过修理或更换损坏的另(元)件才能排除。

上述这些故障，既可能是硬故障，也可能是软故障。在查找这类故障时，一般是先简到繁，由易到难，先排除软故障的可能性，再查找硬故障。最为常见的引导 DOS 系统故障用软件方法排除流程顺序是：从软盘驱动器 A 引导主机→备份硬盘上的有用文件→用低级物理格式化程序对硬盘介质重新设置→硬盘分区程序 (FDISK) 重新建立分区表→用 DOS 的格式化程序 (FORMAT)完成逻辑化硬盘→从 A 驱中拿出系统盘重新启动机器→将备份的文件拷回硬盘→结束。本例故障采用此种软件方法排除获得成功。

9. 硬盘机 C 在引导 DOS 操作系统后工作不正常

硬盘机 C 在执行加电自检操作时，工作正常。在引导 DOS 系统操作启动之后，有时工作指示灯闪一下，死机；有时不死机，但既不能从驱动器 C 上引导 DOS 系统，也不转调系统板上的 ROM-BASIC，CRT 屏幕上也没有任何故障信息。

故障分析与维修：

这是一种计算机病毒的蔓延的故障现象。常见的计算机病毒表现症状如下：

(1)计算机屏幕异常滚动，且与行同步无关。

(2)计算机屏幕上出现稀奇古怪的，以前从未出现过的提示信息。

(3)计算机屏幕上出现异常图形、符号。

(4)计算机屏幕上正常显示的字符就像雨点一样纷纷下落。

(5)文件长度突然变长，且多发生在.COM、.EXE 类型文件上，有时甚至发生文件丢失现象。

(6)计算机及打印机均正常，但无法实现联机打印。

(7)列文件目录时，光标发生变化。

(8)内存容量减少。

(9)计算机运行速度明显减慢。

(10)系统不承认硬盘，或硬盘无法引导系统。

(11)计算机系统出现异常死机。

计算机病毒种类繁多，它们的表现症状各异，有时同时表现出几种症状。其感染的硬盘部位几乎遍布所有信息存储空间：主引导程序区，DOS 分区信息表区，DOS 分区引导程序区，DOS 系统文件区和用户文件区等等。随着病毒类型和病毒感染部位的不同，引导 DOS 系统操作的故障现象也五花八门。本例所述的故障现象仅仅是驱动器 C 的主引导程序区，DOS 分区信息表区或 DOS 系统区感染病毒之后，在执行引导 DOS 系统操作时的部分典型症状。

本例故障的具体处理操作过程如下：

(1)使用无病毒 DOS 系统盘(其版本应与硬盘驱动器 C 的原用 DOS 版本相同)。从软盘驱动器 A 上引导 DOS 系统。

(2)使用病毒检测工具软件，检查驱动器 C 感染的病毒类型。

(3)使用消病毒工具软件，消除驱动器 C 感染的病毒。

(4)检查驱动器 C 消毒操作是否成功。如果不成功，则采用硬盘驱动器的软件安装操作进行处理。

10. 在一台 IBM-PC/XT 微机系统中，用 FORMAT 对 ST-412 硬盘机进行格式化时，CRT 上显示 00 磁道坏，格式化失败信息

故障分析与维修：

00 道硬件故障包括 00 道电路故障和本身介质故障。00 道电路故障时自检不能通过，显示 1701 错误代码；00 道介质故障时一般能通过自检，驱动器 00 道信号正常，但用诊断盘或在操作系统下工作时，显示 00 道故障，这一般不是 00 道电路的故障，而是 00 道介质损坏。

为证实 00 道介质划伤损坏，借助磁盘测试仪和示波器对硬盘进行脱机测试，观测 00 道的读写波形。使用两个通道，B 通道送索引信号作为同步扫描，A 通道送读出模拟信号，扫描时间用 0.2ms。结果看到 00 道的读出波形有缺口。

00道已经介质损坏,硬盘就无法启动系统,为此只能从结构上调整磁头在00道上的物理位置,来避开原来的00道,建立新的00道(实为0柱面)位置,这种办法对于00道形状装在密封头盘组件(HDA)之外,采用步进电机开环控制的各种硬盘是适用的。

ST-412型硬盘00道开关是装在密封头盘组件(HDA)外面,所以在00道上出现疵点后,有可能通过调正磁头在00道上的物理位置,来避开原来00道上的疵点。在采用步进电机开环定位的温盘中,其00道信号有效需满足00道开关信号有效及处于00道步进相序两个条件。ST-412硬盘步进相序是以8道循环的,因此必须前进8道来重新定义00道物理位置以避开原来00道上的盘片疵点。

具体调整方法如下:

首先在步进电机轴与遮光套上作一个位置记号,以便重新对正位置,然后用英制内六角扳手松开遮光套上的二个固定螺钉,由于轴与遮光套上封了一层胶,所以需用螺丝刀轻轻启动遮光套以启开封胶,当遮光套能够在步进轴上活动时(不要过分松),观察一下位置记号,不要让轴套与主轴偏离原来的位置。接着联接好硬盘子系统,打开主机电源,用软盘把DOS装入内存,进入DEBUG,用汇编命令使硬盘寻道,把磁头定位到8道上,慢慢转动遮光套,使它渐渐遮住光电接收管,用示波器或万用表观测00道开关输出信号(J8-2脚)的幅值,当该信号电平在1V左右时,拧紧遮光套上的固定螺钉,这样就把00道定义在原来的8道上,从而避开原来的00道上的点。

寻道汇编命令:

```
N:M     mov   dx,0080
        mov   cx,0801
        mov   ah,oc
        int   13
```

-G=N:M,这时N为段地址,M为偏移量。

作了上述处理之后,用fdisk进行分区,用format c:/s做格式化,系统即可以正常工作。

11.ST-225硬盘机加电后发出"哒哒哒"声

ST-225硬盘机加电后旋转正常。初始归零道操作时,磁头定位机构发出异常的"哒哒哒"机械撞击声,引导DOS系统失败。

故障分析与维修:

该硬盘机的磁头定位采用步进电机开环工作方式。步进电机相序以八拍为一循环。它没有专门的000道位置传感器,采用的是-1道技术。在000道外面一道上,即所谓的-1道上,预先刻写特殊格式的位置信号,该信号的波形见图3-5-6。

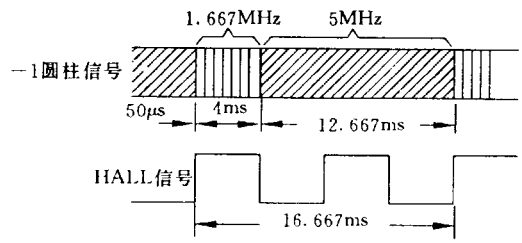


图3-5-6 -1道信号波形

硬盘机在加电并达到额定转速后，电路板上的单片机控制磁头移到 -1 道，读出预先写上的信号，经过处理后，送到单片机识别，使磁头再向前移动一道，此道为真正的 000 道，因而磁头小车便停止步进。

ST-225 硬盘也没有专门的索引传感器，其索引信号是通过霍尔(HALL)信号二分频并处理成窄脉冲来产生的。由于霍尔信号每一转有二个周期，则索引信号产生的位置就有二个可能，二者的相位差为 180°，索引信号位置因此不固定。-1 道位置信号的另一功能是调整索引脉冲的位置成为位置固定的索引脉冲信号。

如果硬盘机在寻零道时，不能正确读出 -1 道柱面上的信息，就意味着磁头小车未到达零道位置，于是继续向外寻零道，最终导致撞击外限位块(外撞车)，而发出“哒哒哒”异常机械撞击声。由于该型号硬盘机采用了多次找不到零道时，还能给出真态零道状态信号的独特电路设计，因此，即使它出现了找不到零道的外撞车故障，也不会因此而导致其出现加电自检操作故障信息。

硬盘机中扇区分段是软分段，由索引脉冲信号作为基准。读不出 -1 道上的信号，就不能生成索引脉冲信号的位置调整，这样扇区位置同样会出现相差 180°情况，引起引导 DOS 系统时读扇区错误，引导失败。

-1 道位置信号没能检测到的原因有下列几种可能：

①-1 道检测电路故障；

②步进电机驱动电路损坏；

③-1 道位置信号丢失；

④读/写电路，包括选头电路故障。

本例故障系 -1 道位置信号丢失，重新刻写 -1 道信息，故障排除。

12. HH-1050 硬盘机停转

HH-1050 硬盘机加电后，主轴电机正常启动，转速达到额定速度，听到盘体内磁头锁定电磁铁吸合声。然后转速自行降落，最后停转。

故障分析与维修：

硬盘 HH-1050 的结构中有一个磁头锁定电磁铁，其作用是在硬盘机不工作时不让磁头在盘片上移动，使其锁定在启停区。硬盘机在加电后，必须做一系列初始化操作，而且只有这些准备操作都正确完成时，才能联机使用。

硬盘机加电后电机启动并到速，初始化的磁头加载操作首先把磁头选定电磁铁吸合，使音圈电机可以退出启停区，磁头外进寻 000 道操作。现在电磁铁有吸合动作之后主轴转速下降，最后停转，这是初始化出现故障中断现象。

在净化间打开 HDA，硬盘机加电观察其初始化操作动作，结果发现磁头锁定电磁铁吸合后磁头不能外进寻 000 道读伺服信号，造成主轴电机停转。

经查，是由于磁头锁定机构限位块位置偏离，引起磁头锁定机构打不开，尽管电磁铁已经吸合，音圈电机还是不能退出启停区。导致限位块位置变化的原因，是由于整机装配时限位块螺钉拧得不紧，关电时磁头要拧回到启停区，撞击限位块，多次撞出后，限位块位置偏移，使磁头在刚开机时处于比启停区更全面的位置，而此位置上无伺服信号，导致硬盘机无法读取伺服信号而不能执行初始化头加载操作故障，主轴停转。经调整限位块位置并固定，锁打不开故障排除。

值得指出的是,电磁铁自身阻力增大,往往也要引起锁打不开的故障。为此需要调整电磁铁控制电路的有关元器件参数值。如图 3-5-7 所示。若要电磁铁吸合,首先须使 U4-29 端为低电平,这样,U10-8 端为低电平时电容 C38 两端压降为零,则在 U10-8 端跳至高电平时,Q4 的基极电压等于 U10-8 脚电压,并随着电容 C38 充电逐渐下降。当 C38 两端压降大于 2V 左右时,Q3、Q4 截止。在 Q4、Q3 导通期间,+12V 电源通过 Q3 流经电磁铁线圈,电磁铁吸合。Q3 截止,则电磁铁线圈无电流流过,电磁铁释放。C 38 电容值的大小决定了电磁铁吸合时间的长短和吸合力度。加大 C 38 电容值或并一只电容在 C38 上,容值约 10～33μF。这样,可加长 Q3 导通时间,增加电磁铁吸合功率。此法对由于电磁铁自身阻力增大,引起此故障效果很好。

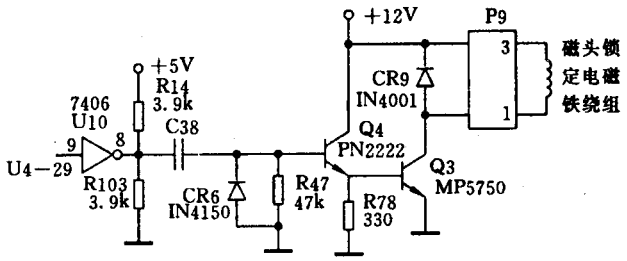


图 3-5-7　电磁铁控制电路

13.HH-1050 硬盘机在联机时出现读错(FDISK 分区错)

故障分析与维修:

硬盘加电自检通过,联机出现读出错,应从硬盘的数据通道检查故障,具体方法是:

(1)用磁盘测试仪和示波器检查每个磁头均能写,而无写故障。用示波器检查无读数据输出,则检查读通道。用示波器观测 U20-1 端和 U20-8 端,发现 U20-8 有正常输出波形,而 U20-1 输出波形严重失真。观察 U19-4 和 U19-5,发现其输出波形均不正常,此是由上级 U20 引起的,故无读数据。

(2)因 U20-8 有正常输出,说明该芯片正常,可能由外接电路引起的,用万用电表测量网路中的电阻、电容,发现 C59 有漏电现象。

换电容 C59,该硬盘恢复正常。

读出电路有关部分如图 3-5-8 所示。安装在 HDA 内部的 SSI117 前置放大器对读出信号进

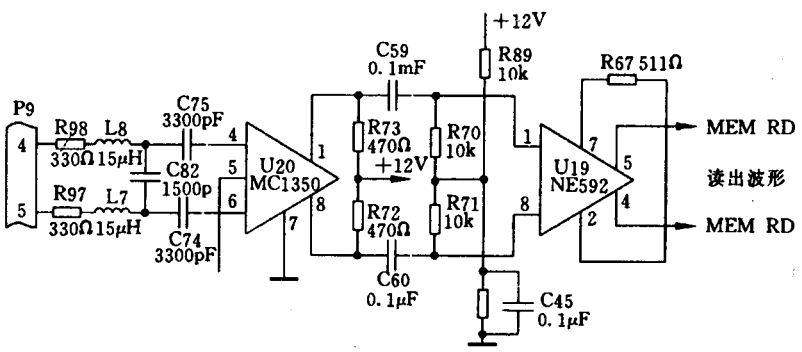


图 3-5-8　读出电路模拟信号放大部分

行不失真放大后，通过 J9/P9 接插件送至主印制板的数据恢复电路。数据恢复电路的第一级为低通滤波器，滤掉高频噪声后送到自动增益控制放大器 U20(MC1350)和宽带放大器 U19(NE592)，U20 的增益受增益控制端 5 脚的控制电压值控制。

14. GW0520A CRT 上显示 1701 错

故障分析与维修：

用软盘启动主机能正常引导系统，由此认定系统板和电源正常，怀疑硬盘有问题。采用代换法检测后，发现硬盘控制卡和驱动器完全正常。

重新上电自检，感觉主轴电机旋转加速的声音异常，用示波器观测索引信号，发现主轴电机转速不能达到 3600r/min 的额定速度，因而判定电源有电压输出不足。

检查结果 + 5V 电源正常，+ 12V 电源在硬盘工作时，实测只有 10.3V(硬盘 + 12V 电源的启动电流是 4A，工作电流是 1.1A)；在软盘工作时，实测为 11V(软盘 + 12V 电源的启动电流是 1.3A，工作电流是 0.5A)，这是 + 12V 电源负载能力不够或稳压电路有问题而造成的。

该机电源采用双管半桥式开关电源，其 + 12V 电压是由脉冲变压器下的一组次级线圈取出，用晶体管串型稳压方式输出。经检查整流电路正常，滤波电容 C27、C30 无漏电，排除这两部分引起电源负载能力下降的可能，故障定位在稳压电路。调整稳压器上 1kΩ 电位器很难将输出电压调到 12V，经检查误差放大管 Q10 的穿透电流过大，β 值下降，放大性能低. 当输出电压降低时，Q10 不能把采样信号反馈到到 Q 9 进一步放大，激励管 Q8 也无法控制调整管 Q7 进一步导通，提高输出电压。换一只新管后，开机自检通过，电源、硬盘及主机工作正常。

维修体会：因为有些 PC 机电源在 + 12V 电源设计上均采取只有整流和 LC 滤波的输出电路，所以一般认为软盘驱动器能正常工作，硬盘驱动器的电源就不会有故障。本例是个例外，这是由于 + 12V 电源所加的稳压电路失效引起的，又因硬盘驱动器的负载电流大，从而造成硬盘的启动困难。

因此在检测硬盘驱动器电路前，先要检查一下电源是否插好，导线与焊片是否脱开，电压是否稳定，当确定正确无误后，再开始对硬盘进行检测。

15. CM-6426 硬盘机屏幕上显示出“1790-DISK 0 ERROR”故障

故障分析与维修：

IBM-PC/AT 微机系统的硬盘子系统的加电自检操作，除了要做与 IBM-PC/XT 微机系统类似的加电自检操作项目之外，还要对驱动器的最后一条磁道做读检验操作。如果驱动器 C 在此读校验操作中出现错误，则会出现“1790-DISK 0 ERROR”故障。

在系统结构信息设置正确时，已正常投入运行过的硬盘驱动器出现最后一条磁道读校验错的主要原因有以下两个方面：

(1)软故障　最后一条磁道的格式化信息因某种原因而被破坏。

(2)硬故障　驱动器的最后一条磁道有新的物理缺陷，或驱动器的读出信道部件损坏。

该硬盘驱动器能正常引导 DOS 操作系统，它说明驱动器的读出通道无故障。因此，本例的故障疑点是在驱动器盘面的最后一条磁道上。经检查，确认最后一条磁道的故障是格式化信息被破坏的故障。经对驱动器的最后一条磁道做物理格式化操作，或对整个驱动器重做软件安装操作，上述故障排除。

16. ST-251、40MB 硬盘机加电后发现硬盘主轴转得很慢，并且伴随“吱吱”声

故障分析与维修：

硬盘可能因环境潮湿，盘片与磁头粘住，这时，绝对不能再加电，否则使故障进一步扩大，甚至报废硬盘，送维修中心，把硬盘放于净化设备中打开盘腔，用手沿着盘片边缘使之转动，若发现盘片转得困难，这时应用电吹风吹，保持与盘距离最佳在 30～60cm 范围内，把硬盘侧放，时间控制在 5～10min 以内，不宜过长，再用手转动盘片，转动顺利无异声，并用“吸气球”把杂物吸走，盖上后盖，加电联机正常。

17. ST-251、40MB 硬盘机加电后发现盘内发出“嚓嚓声”或转不动

故障分析与维修：

打开盘腔，发现上头已掉，擦盘或上头粘住盘片，但磁头没有掉下，用万用表测各组磁头线圈阻值，无任何异常。若上头已掉并且已擦盘，简单的方法将上头用小剪刀剪掉，这时，容易变为 34MB，联机设备参数成 5 头、820 道、17 扇区；若发现磁头粘住盘片，但线未断。这时，不要马上就去拨动磁头，否则会损坏头与盘片，用电吹风吹约 8min，用镊子轻轻夹住磁头左右面使之移动，脱离盘面，并用一纸片放在上头与盘片之间，用小刀轻轻刮去磁头与磁头臂相粘面的杂物，用酒精清洗干净，若发现磁头臂变形，还应用镊子使之成形，用 A、B 胶少许混合，放于磁头与磁头臂簧片间，位置要正确（上、下、左、右对称），粘好后放于净化环境中晾干（一般 24h），拿走纸片，转动盘片无任何异常加电联机正常。

18. ST-251，第 2 头格式化时连续提示出错

故障分析与处理：

首先用万用表测各组磁头线圈阻值有否异常，若第 2 头有异，需更换磁头。这一步需具备熟练、技术全面的维修技术人员，打开盘腔，把挡块、钢带、磁头组件取下，把盘片放入专门工具内。若发现第二张盘片划边或坏道实在太多，应更换盘片，或发现盘片无坏边，应怀疑磁头问题。用齿口镜观察 2 头磁芯间隙表面有否刮伤痕迹，用小刀轻轻地把磁头离开簧片，刮去原有干胶。使用 20W 电烙铁，头尖些，轻轻把磁头三端焊点焊下，焊前应用小刀把软线上一层胶轻轻刮去。焊磁头三端时应注意三端顺序不能颠倒，用焊丝把焊点焊得亮一些，绝对小心，并且从备件中取一磁头（步骤接上面所述），晾干，重新把盘片、磁头组件、钢带、挡块装上，联机正常。

19. ST-251 初始化工作正常，分区时 DM 分区提示出错

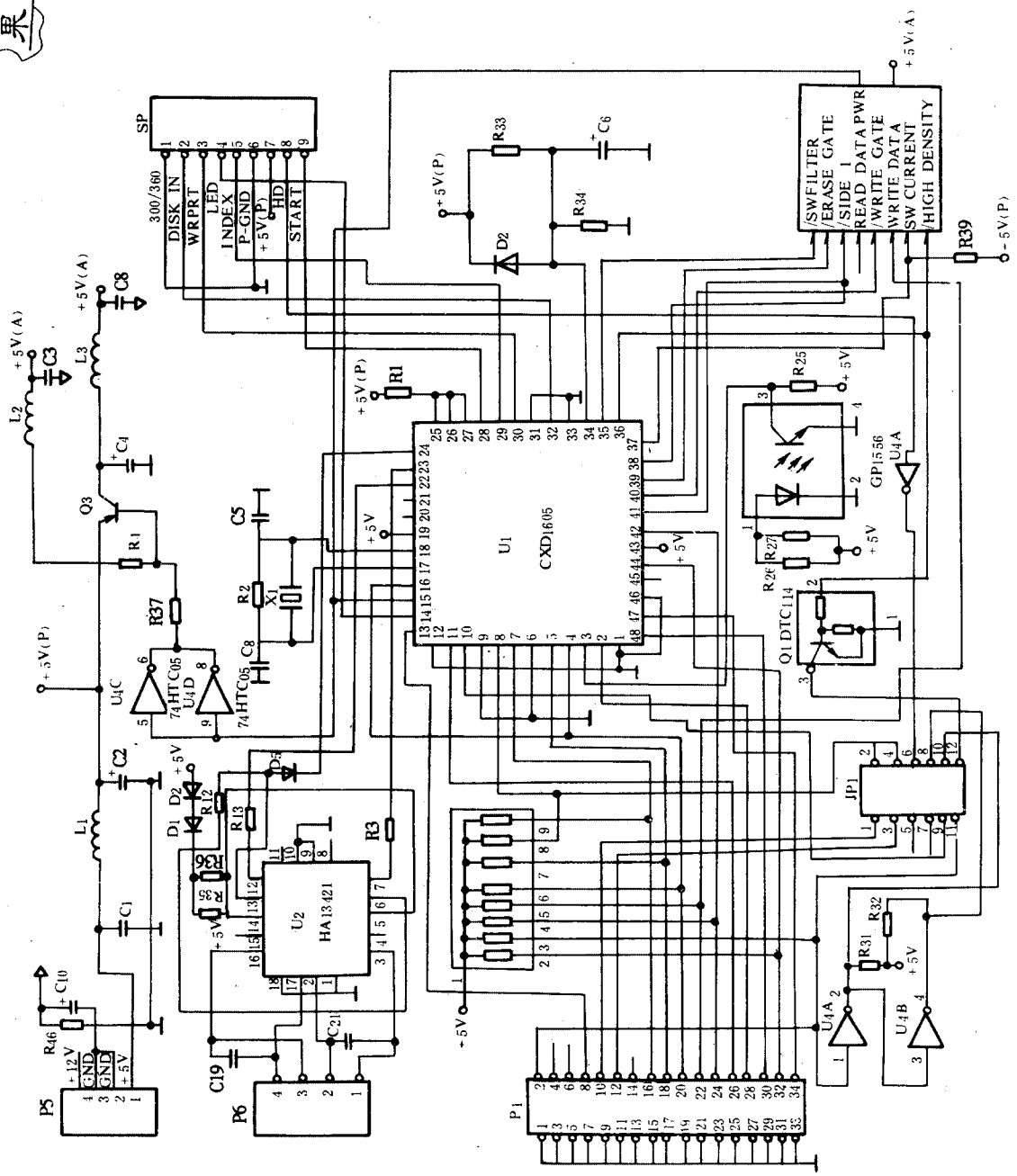
故障分析与维修：

故障原因：0 头 0 道扇区坏，定位偏差，不能进行分区，这时应校准定位，打开盘腔，调整挡块后面露出螺钉位置，反复调整，再联机正常通过。

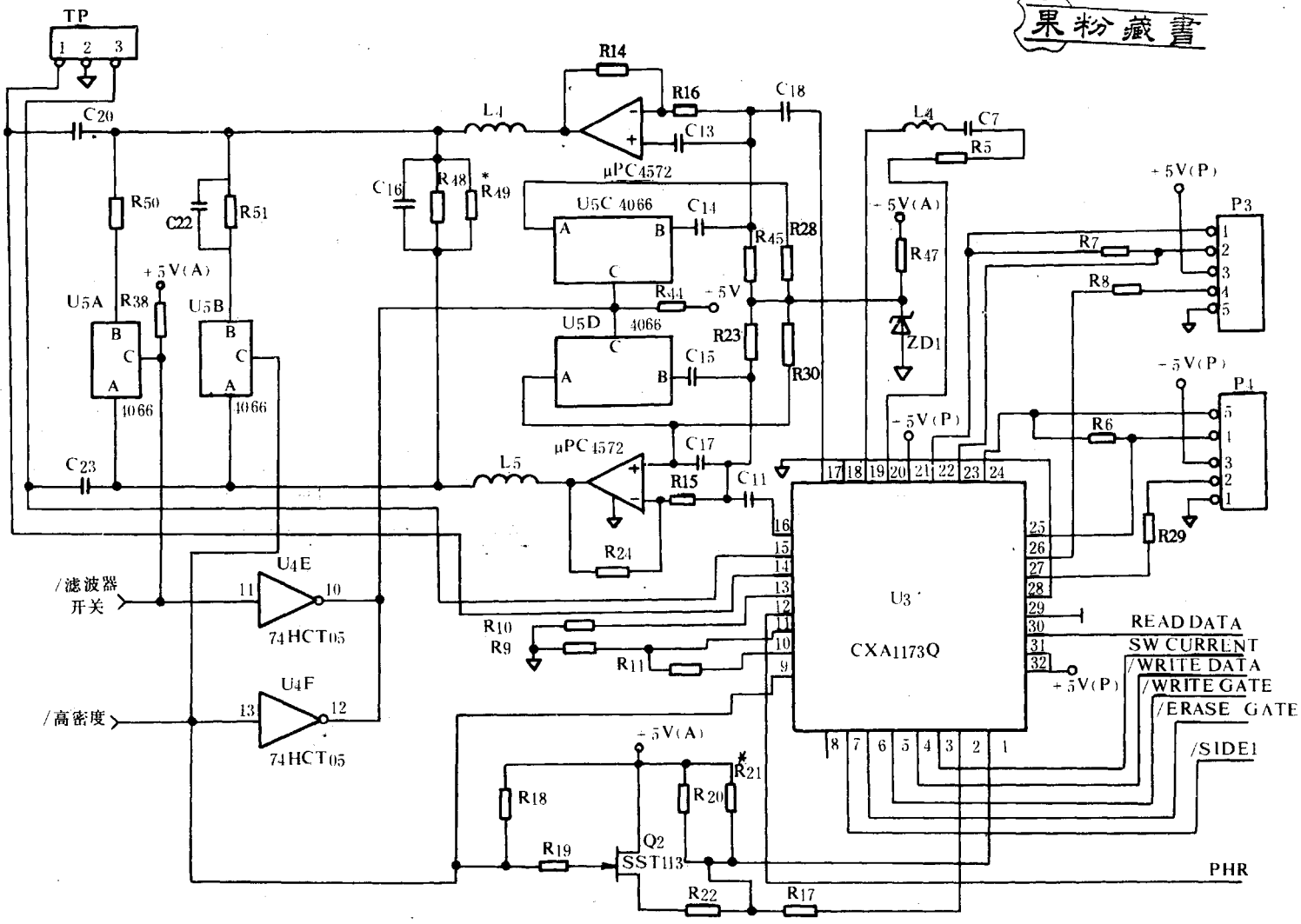
更换盘片式挡块位置调准后，会发现硬盘加电出现“挡挡”来回撞击挡块，这时应进行伺服刻写（用专用刻写设备），这里不再介绍。

果粉藏書

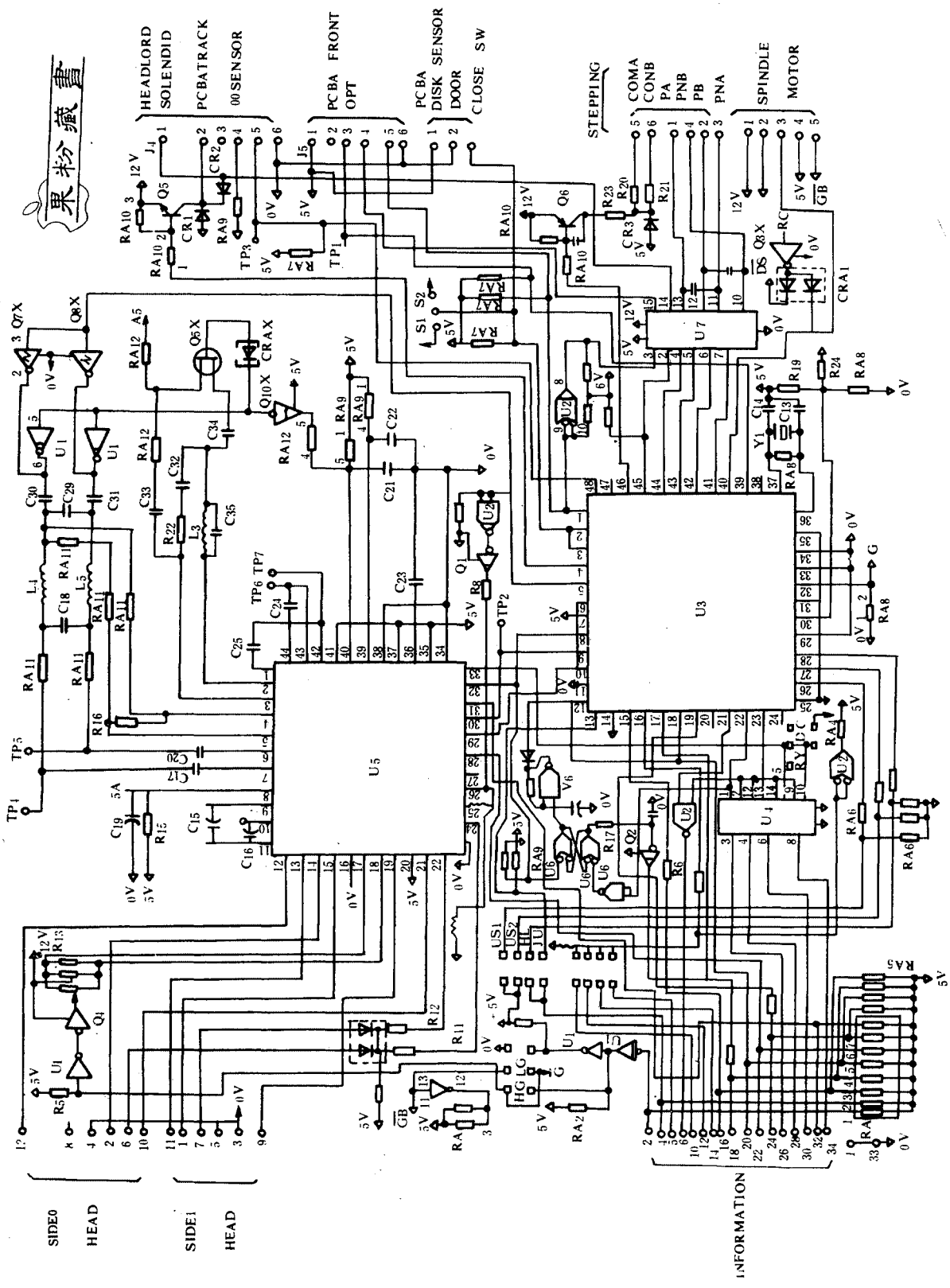
附录 A　MD-21 型软盘机电原理图



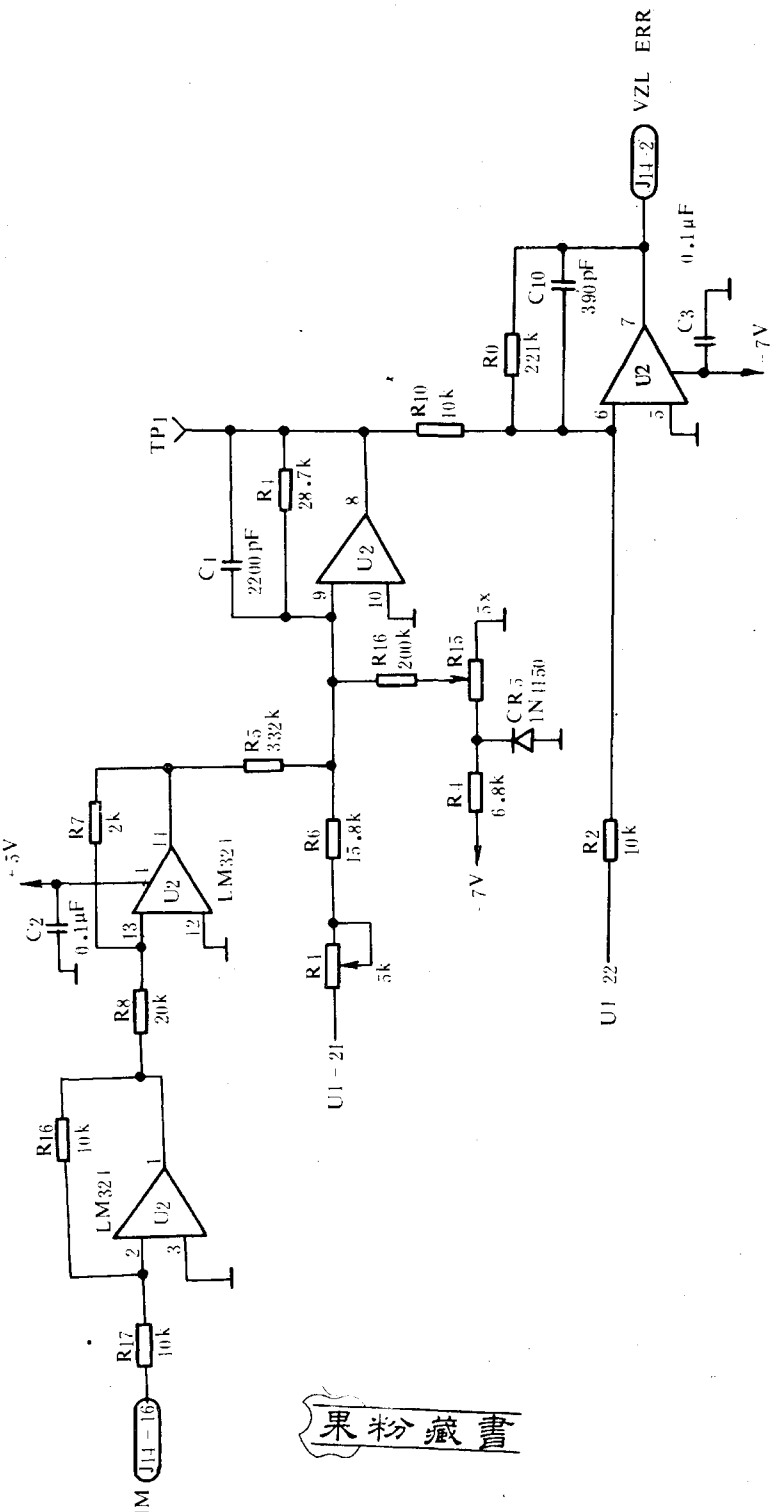
果粉藏書


TP
1 2 3
C20
L4
R14
R16
C18
C13
μPC4572
C16
R48
*R49
U5C 4066
C14
R45
R28
R50
C22
R51
+5V(A)
U5A
R38
U5B
R44
+5V
U5D
4066
R23
C15
R30
ZD1
-5V(A)
R47
L4
C7
R5
+5V(P)
P3
R7
R8
-5V(P)
P4
R6
R29
C23
L5
μPC4572
C17
R15
C11
R24
U4E
/滤波器
开关
74HCT05
U4F
/高密度
74HCT05
R10
R9
R11
U3
CXA1173Q
READ DATA
SW CURRENT
/WRITE DATA
/WRITE GATE
/ERASE GATE
/SIDE1
PHR
+5V(A)
R18
R19
Q2
SST113
R21
R20
R22
R17

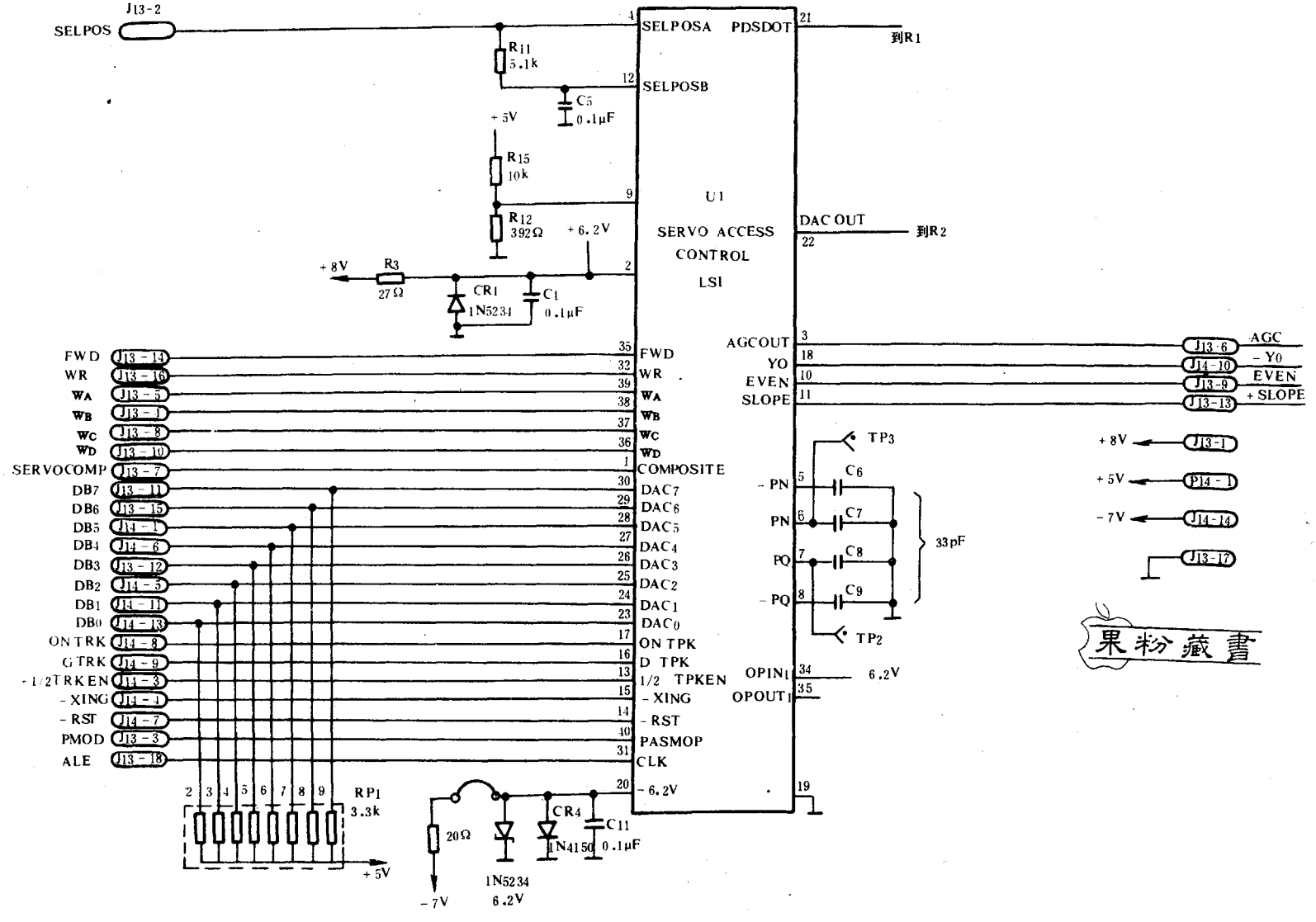
附录 B　FD-55 型软盘机电路图



附录 C　HH1050 硬盘机 SERVO ACCESS CONTROL 电原理图

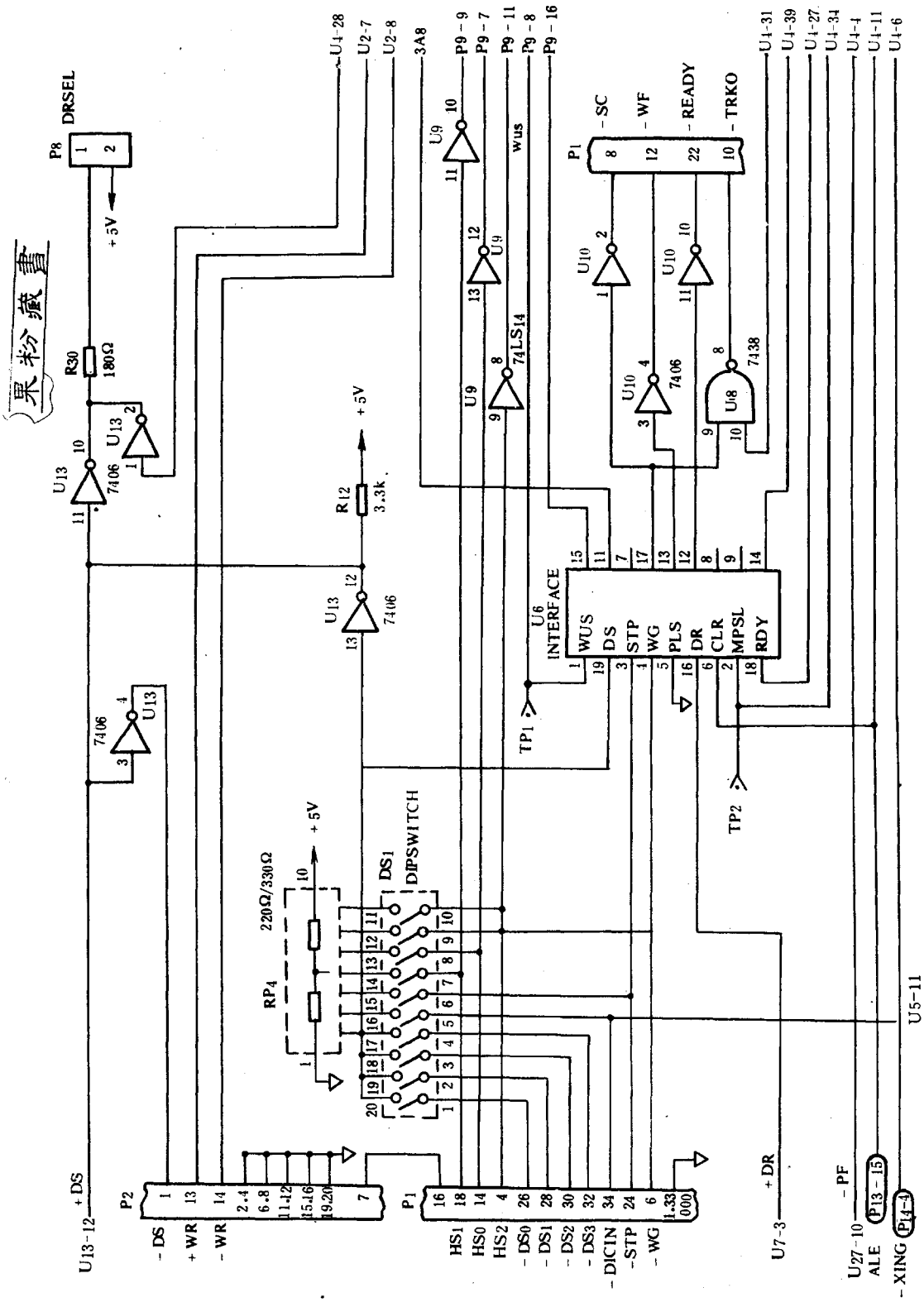


果粉藏書

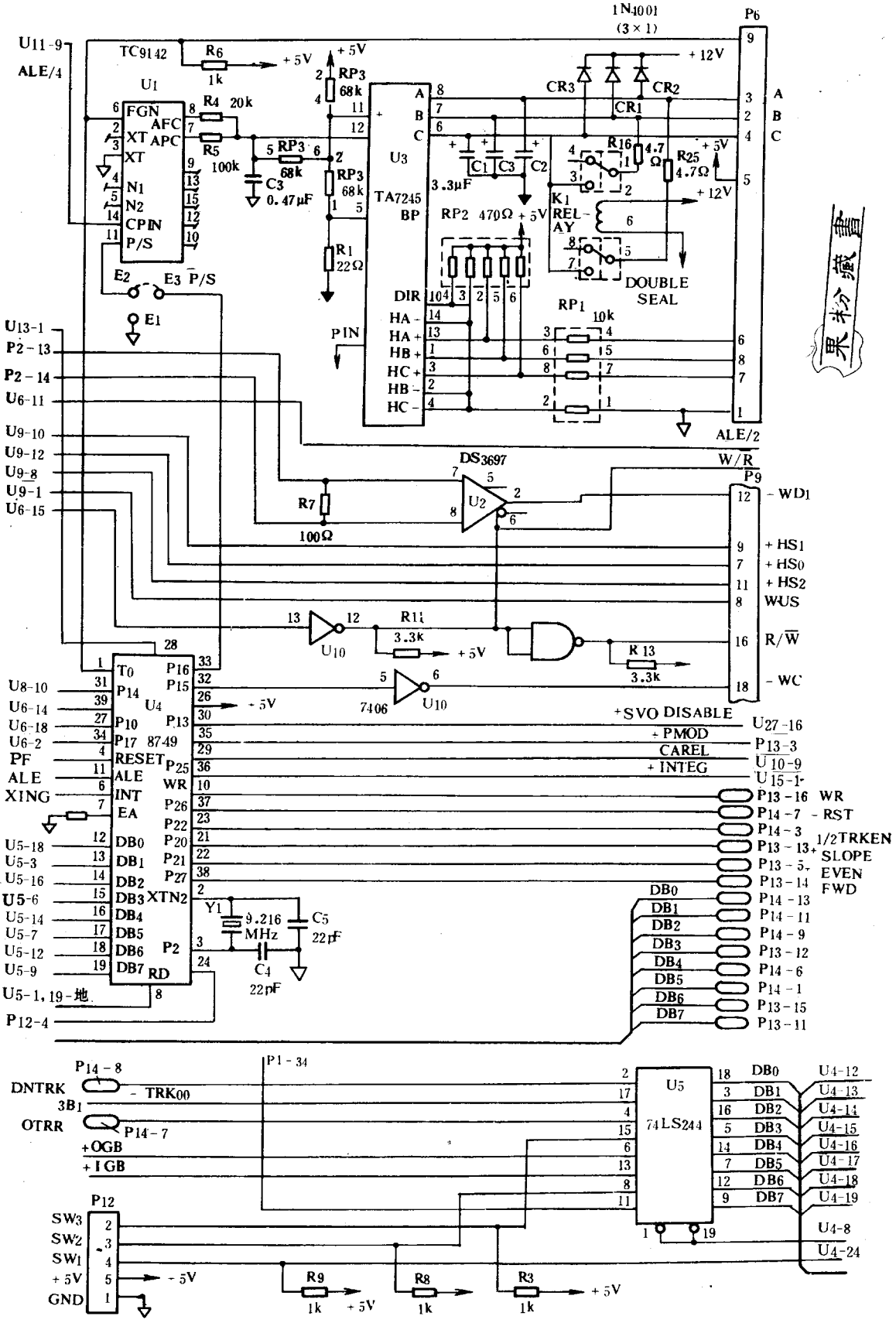

J13-2
SELPOS
R11
5.1k
C5
0.1μF
+5V
R15
10k
R12
392Ω
+6.2V
+8V
R3
27Ω
CR1
1N5234
C1
0.1μF
U1
SERVO ACCESS
CONTROL
LSI
SELPOSA
SELPOSB
PDSDOT
到R1
DAC OUT
到R2
AGCOUT
YO
EVEN
SLOPE
AGC
-Y0
EVEN
+SLOPE
FWD
WR
WA
WB
WC
WD
SERVOCOMP
DB7
DB6
DB5
DB4
DB3
DB2
DB1
DB0
ONTRK
GTRK
+1/2TRKEN
-XING
-RST
PMOD
ALE
COMPOSITE
DAC7
DAC6
DAC5
DAC4
DAC3
DAC2
DAC1
DAC0
ON TPK
D TPK
1/2 TPKEN
-XING
-RST
PASMOP
CLK
-6.2V
TP3
TP2
-PN
PN
PQ
-PQ
C6
C7
C8
C9
33pF
OPIN
OPOUT
6.2V
+8V
+5V
-7V
RP1
3.3k
20Ω
CR4
1N4150
C11
0.1μF
1N5234
6.2V
-7V

果粉藏書

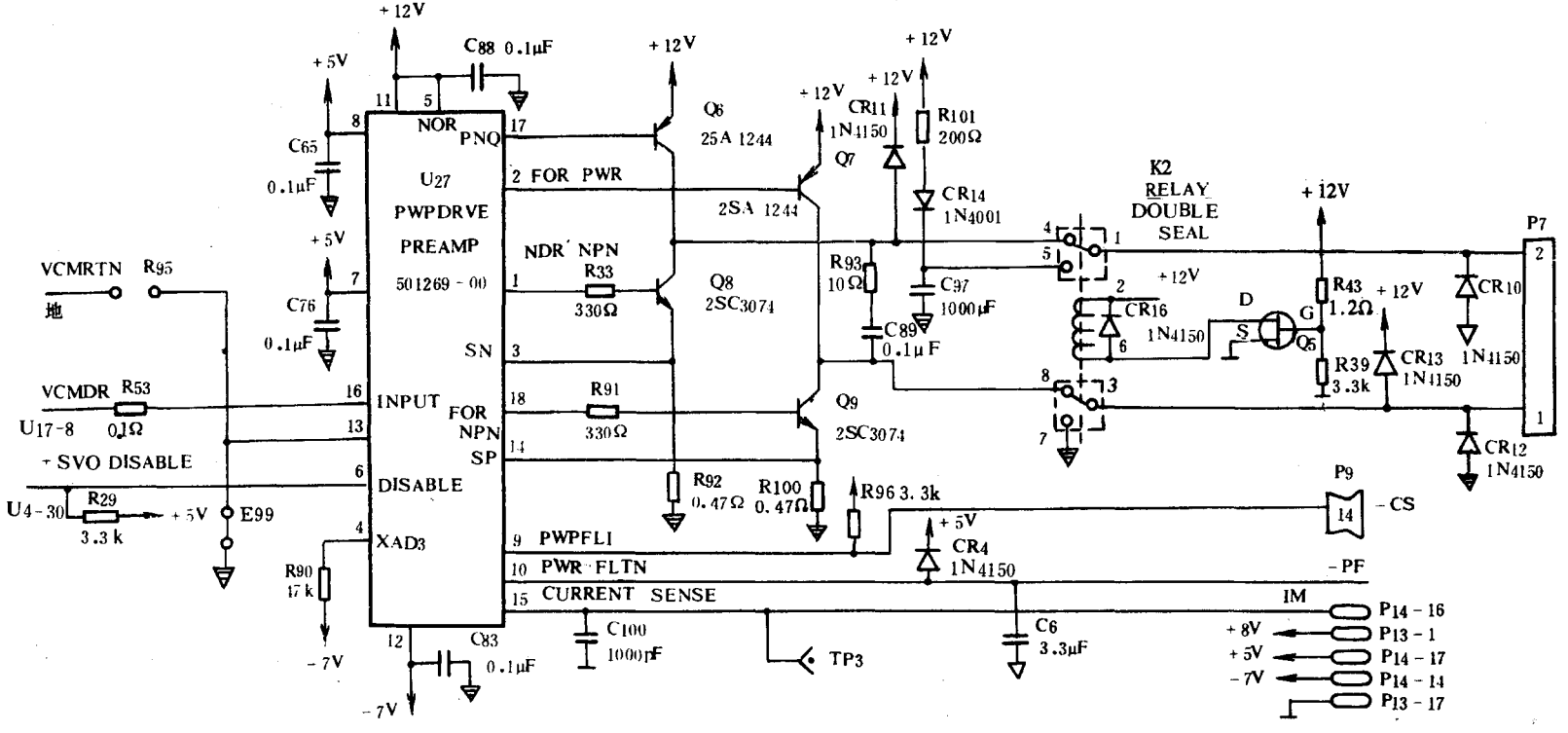
附录 D　HH1050 硬盘机 INTERFACE CONTROL 电原理图

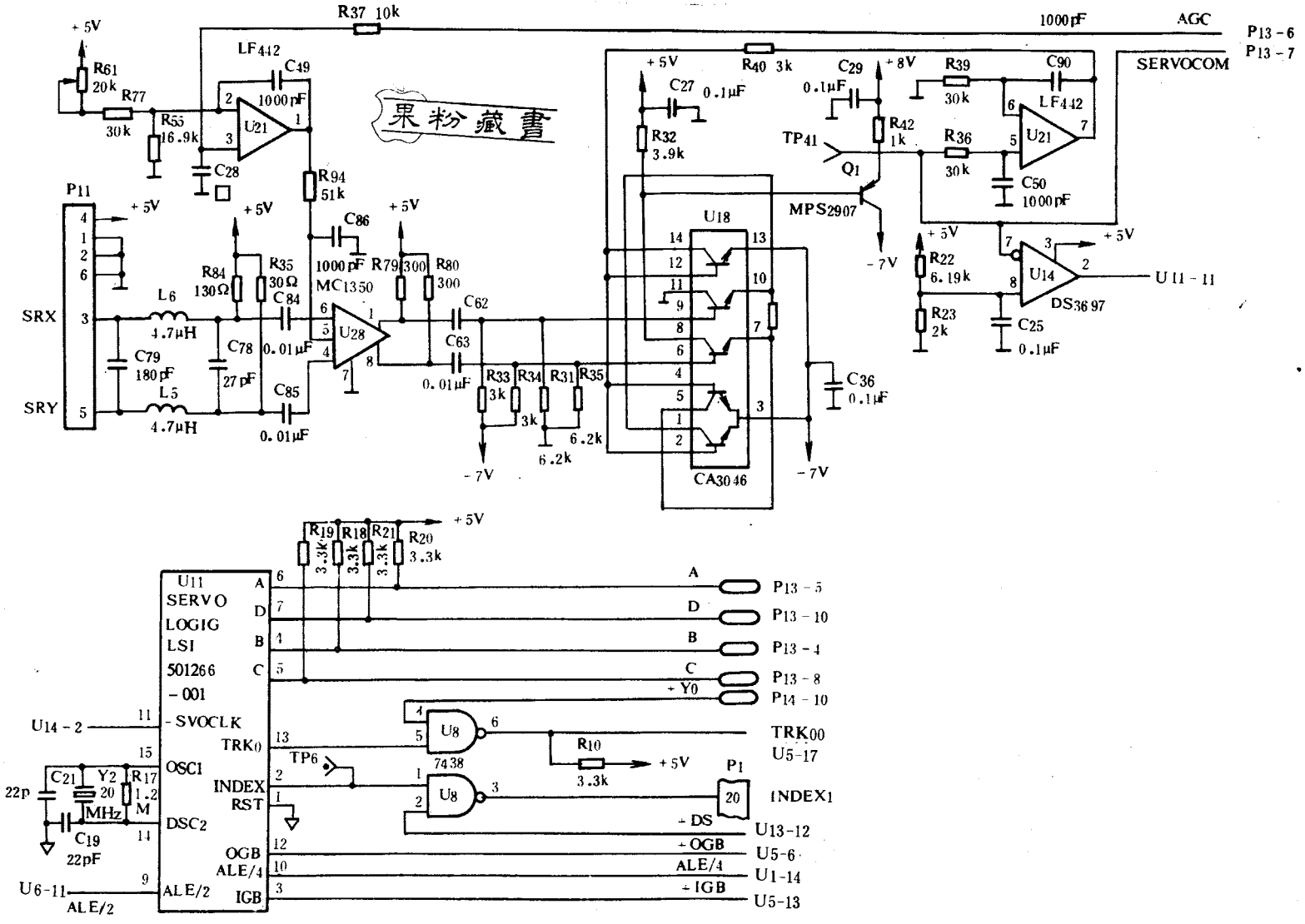


果粉藏書

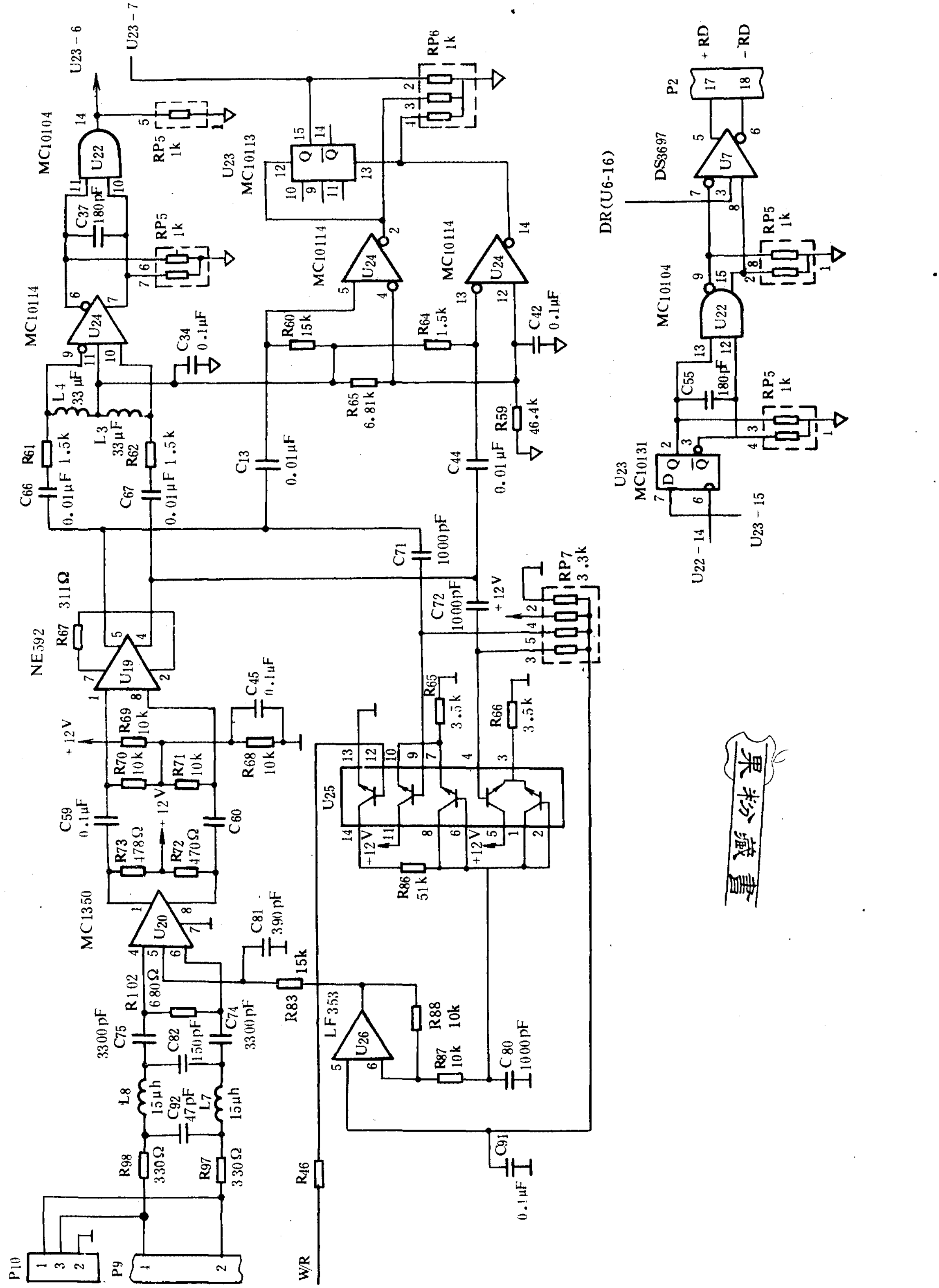

1N4001
(3×1)
P6
U11-9
ALE/4
TC9142
R6
1k
+5V
U1
R4 20k
R5
100k
C3
0.47μF
RP3
68k
U3
TA7245
BP
CR3
CR2
CR1
+12V
C1
C3
C2
3.3μF
RP2 470Ω
K1
RELAY
R16
4.7Ω
R25
4.7Ω
DOUBLE SEAL
RP1 10k
R1
22Ω
PIN
DIR
HA-
HA+
HB+
HC+
HB-
HC-
ALE/2
E2
E3
P/S
E1
U13-1
P2-13
P2-14
U6-11
U9-10
U9-12
U9-8
U9-1
U6-15
DS3697
U2
R7
100Ω
W/R
P9
-WD1
+HS1
+HS0
+HS2
WUS
R/W
-WC
R11
3.3k
U10
R13
7406
U8-10
U6-14
U6-18
U6-2
PF
ALE
XING
U4
87-49
RESET
INT
EA
RD
XTN2
Y1
9.216 MHz
C5
22pF
C4
22pF
U5-18
U5-3
U5-16
U5-6
U5-14
U5-7
U5-12
U5-9
U5-1, 19-地
P12-4
+SVO DISABLE
+PMOD
CAREL
+INTEG
U27-16
P13-3
U10-9
U15-1
P13-16 WR
P14-7 -RST
P14-3
P13-13 1/2TRKEN
P13-5 SLOPE
P13-14 EVEN
P14-13 FWD
P14-11
P14-9
P13-12
P14-6
P14-1
P13-15
P13-11
DB0
DB1
DB2
DB3
DB4
DB5
DB6
DB7
P14-8
DNTRK
-TRK00
3B1
OTRR
P14-7
+OGB
+IGB
P1-34
U5
74LS244
U4-12
U4-13
U4-14
U4-15
U4-16
U4-17
U4-18
U4-19
U4-8
U4-24
P12
SW3
SW2
SW1
+5V
GND
-5V
R9
1k
R8
1k
R3
1k

果粉藏書


+12V
C88 0.1μF
+5V
C65
0.1μF
U27
PWPDRVE
PREAMP
501269-00
NOR
PNQ
NDR
NPN
SN
INPUT
FOR
NPN
SP
DISABLE
XAD3
2 FOR PWR
R33
330Ω
3
R91
330Ω
9 PWPFLI
10 PWR FLTN
15 CURRENT SENSE
12
C83
0.1μF
-7V
C76
0.1μF
VCMRTN
R95
地
VCMDR
R53
U17-8
0.1Ω
+SVO DISABLE
U4-30
R29
3.3 k
+5V
E99
R90
17 k
C100
1000pF
TP3
Q6
25A 1244
Q7
2SA 1244
Q8
2SC3074
Q9
2SC3074
CR11
1N4150
R101
200Ω
CR14
1N4001
R93
10Ω
C97
1000μF
C89
0.1μF
R92
0.47Ω
R100
0.47Ω
R96 3.3k
CR4
1N4150
C6
3.3μF
K2
RELAY
DOUBLE
SEAL
CR16
1N4150
Q5
R43
1.2Ω
R39
3.3k
CR13
1N4150
CR10
1N4150
CR12
1N4150
P7
P9
14
-CS
-PF
IM
+8V
+5V
-7V
P14-16
P13-1
P14-17
P14-14
P13-17


R37 10k
1000pF
AGC
P13-6
P13-7
SERVOCOM
+5V
R61 20k
R77 30k
R55 16.9k
LF442
C49 1000pF
U21
C28
R94 51k
P11
SRX
SRY
L6 4.7μH
L5 4.7μH
C79 180pF
C78 27pF
C84 0.01μF
C85 0.01μF
R84 130Ω
R35 30Ω
C86 1000pF
MC1350
U28
R79 300
R80 300
C62
C63 0.01μF
R33 3k
R34 3k
R31 6.2k
R35 6.2k
-7V
C36 0.1μF
U18
CA3046
R40 3k
C27 0.1μF
R32 3.9k
C29 0.1μF
+8V
TP41
Q1
MPS2907
R42 1k
R39 30k
R36 30k
C90
C50 1000pF
R22 6.19k
R23 2k
C25 0.1μF
U14
DS3697
U11-11
R19 3.3k
R18 3.3k
R21 3.3k
R20 3.3k
U11
SERVO LOGIG LSI 501266 -001
U14-2
-SVOCLK
TRK0
OSC1
DSC2
INDEX
RST
OGB
ALE/4
ALE/2
IGB
U6-11
ALE/2
C21 22p
Y2 20MHz
R17 1.2M
C19 22pF
TP6
U8 7438
R10 3.3k
P1
20
A
D
B
C
÷Y0
P13-5
P13-10
P13-4
P13-8
P14-10
TRK00
U5-17
INDEX1
÷DS
U13-12
÷OGB
U5-6
ALE/4
U1-14
÷IGB
U5-13

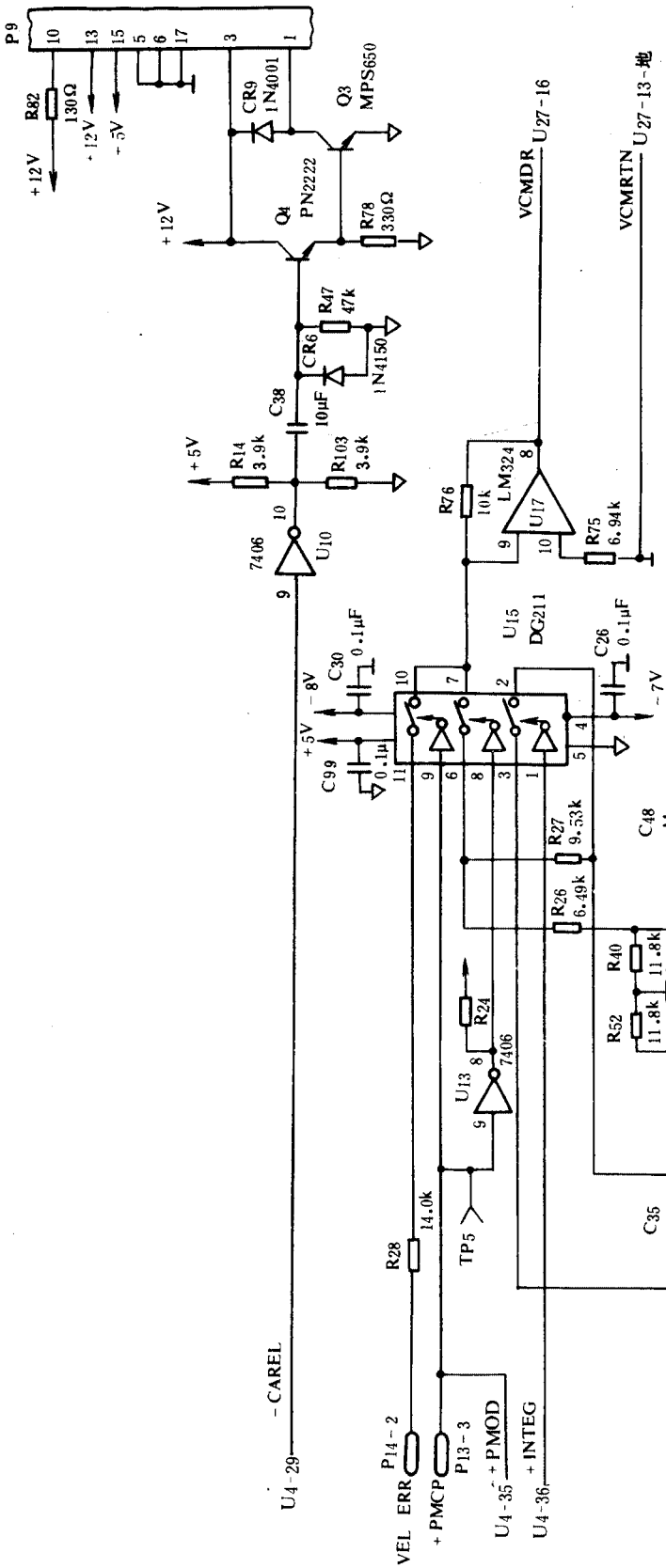
果粉藏書



果粉藏书

深圳 科技书店
电话：3364184

Retro Workshop
果粉工作室



果粉藏書

责任编辑 张赞宏（特约）
应月燕
封面美编 薛太忠

ISBN 7-5053-3528-6

9 787505 335288 >

ISBN 7-5053-3528-6 / TP · 1424 定价: 15.00 元